



Väylävirasto
Trafikledsverket

Opinnäytetyö
4/2020

Juho Jaskari

JUURISYYKETJUN ESITTÄMINEN RAUTATIE TOIMINTOJEN TURVALLISUUSJOHTAMISESSA



Juho Jaskari

**Juurisyyketjujen esittäminen
rautatietojen
turvallisuusjohtamisessa**

Opinnäytetyö 4/2020

Kansikuva: Väyläviraston kuva-arkisto

Verkkojulkaisu pdf (www.vayla.fi)

ISSN 2490-1202

ISBN 978-952-317-804-5

Väylävirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puhelin 0295 34 3000

Juho Jaskari: Juurisyyketjujen esittäminen rautatietojointien turvallisuusjohtamisessa. Väylävirasto. Helsinki 2020. Opinnäytetyö 4/2020. 56 sivua ja 1 liite. ISSN 2490-1202, ISBN 978-952-317-804-5.

Asiasanat: turvallisuusjohtaminen, turvallisuuspoikkeamat, juurisyyt, turvallisuuspoikkeamien tutkiminen

Tiivistelmä

Väylävirasto haluaa kehittää rautatietojointeillaan tapahtuvien turvallisuuspoikkeamien käsittelyn toimintamenettelyjä tunnistaakseen turvallisuuspoikkeamien juurisyyt tehokkaammin. Tämän tutkimuksen tavoite oli kartoittaa eri menetelmiä juurisyyketjujen mallintamiseen ja valita niistä rautatietojointeihin parhaiten soveltuva menetelmä.

Turvallisuuspoikkeamista eli onnettomuuksista ja vaaratilanteista oppiminen on osa rautatietojointien turvallisuusjohtamista. Organisaatiot toteuttavat turvallisuusjohtamistaan turvallisuusjohtamisjärjestelmänsä kautta. Turvallisuusjohtamisjärjestelmä on organisaation yksityiskohtainen ja ennaltaehkäisevä turvallisuusriskien hallitsemisen työkalu, joka kattaa kaikki organisaation liiketoiminnan osa-alueet. Tunnistamalla turvallisuuspoikkeamiensa juurisyyt organisaatio voi suunnitella ja toteuttaa toimenpiteitä turvallisuusjohtamisjärjestelmänsä heikkouksien korjaamiseksi.

Turvallisuuspoikkeamien juurisyyt voidaan löytää järjestelmällisesti analysoimalla poikkeamien juurisyyketjuja siihen sopivalla mallintamismenetelmällä. Mallintamisessa organisoidaan ja arvioidaan poikkeamasta kerättyä dataa ja esitetään graafisesti, miten poikkeama tapahtui ja mitkä tekijät vaikuttivat poikkeaman syntyyn. Mallintaminen auttaa tutkijoita poikkeaman analysointiin tarvittavan datan keräämisessä sekä kerätyn datan analysoinnissa.

Tämä tutkimus oli laadullinen tutkimus, jossa tarkoituksena oli kartoittaa olemassa olevia teorioita ja testata niitä käytännössä. Tutkimus koostui neljästä osatehtävästä. Ensimmäisessä osatehtävässä haastateltiin rautatiealan turvallisuuden ammattilaisia. Haastatteluiden avulla selvitettiin rautatietojointien poikkeamien analysoinnin nykyisiä menettelyjä ja määritettiin kriteerit, joiden perusteella mallintamismenetelmiä arvioitiin. Toisessa osatehtävässä mallintamismenetelmiä etsittiin kirjallisuudesta. Kolmannessa osatehtävässä löydettyistä mallintamismenetelmien käytöstä kerättiin havaintoja tutkijan toimesta sekä keväällä 2020 järjestetyssä turvallisuuspoikkeamien mallintamistyöpajassa. Työpajaan kutsuttiin turvallisuuden parissa työskenteleviä henkilöitä eri rautatiealalla toimivista organisaatioista. Neljännessä osatehtävässä muodostettiin Väylävirastolle suositus parhaiten kriteerejä vastanneista menetelmistä. Tutkimuksessa huomattiin, että tarve oli kahdelle erilaiselle menetelmälle. Ensimmäistä menetelmää pystyttäisiin tarjoamaan työkaluksi muun muassa urakoitsijalle helppoon ja nopeaan mallinnukseen sekä tuottamaan tilastoitavaa tietoa tekijöistä turvallisuuspoikkeamien taustalla. Toista menetelmää taas käytettäisiin Väyläviraston omissa laajemmissa tutkimuksissa turvallisuuspoikkeaman juurisyiden yksityiskohtaiseen selvitykseen. Tutkimuksen tuloksena muodostettiin suositus molempiin tapauksiin ja pohdittiin menetelmien käyttöönottoon liittyviä toimenpiteitä.

Juho Jaskari: Presentation av rotorsakskedjor inom säkerhetsledning av järnvägsfunktioner. Trafikledsverket. Helsingfors 2020. Lärdomsprov 4/2020. 56 sidor och 1 bilaga. ISSN 2490-1202, ISBN 978-952-317-804-5.

Sammandrag

Trafikledsverket vill utveckla förfarandena inom hanteringen av säkerhetsavvikelser i dess järnvägsfunktioner för att kunna effektivare identifiera säkerhetsavvikelsernas rotorsaker. Syftet med denna undersökning var att identifiera olika metoder för modellering av rotkedjor och att välja den metod som bäst lämpar sig för järnvägsfunktioner.

Att dra lärdomar av säkerhetsavvikelser, dvs. av olyckor och tillbud, är ett element i säkerhetsledningen av järnvägsfunktioner. Organisationer genomför säkerhetsledning genom sitt säkerhetsledningssystem. Ett säkerhetsledningssystem är ett detaljerat förebyggande redskap för hantering av säkerhetsrisker som täcker alla delområden inom organisationens affärsverksamhet. Genom att identifiera rotorsakerna till säkerhetsavvikelser kan organisationen planera och vidta åtgärder för att avlägsna svagheter i sitt säkerhetsledningssystem.

Rotorsakerna till säkerhetsavvikelser kan identifieras genom att systematiskt analysera avvikelsernas rotorsakskedjor med en modelleringsmetod som lämpar sig för ändamålet. Vid modelleringen organiseras och utvärderas data om avvikelserna. Dessutom används grafiska metoder för att presentera hur avvikelserna ägde rum och vilka faktorer som bidrog till avvikelserna. Modelleringen hjälper forskare att samla in data som behövs för analysen och att analysera den insamlade datan.

Denna undersökning var en kvalitativ undersökning vars syfte var att kartlägga existerande teorier och att testa dem i praktiken. Undersökningen bestod av fyra deluppgifter. I den första deluppgiften intervjuades professionella inom säkerhet i järnvägsbranschen. Med hjälp av intervjuerna utreddes de nuvarande förfarandena för analys av avvikelser inom järnvägsfunktioner och fastställdes kriterierna med vilka modelleringsmetoderna utvärderades. I den andra deluppgiften söktes modelleringsmetoder i litteraturen. I den tredje deluppgiften insamlades observationer om användningen av de modelleringsmetoder som påträffats. Insamlingen gjordes av forskaren och vid en verkstad för modellering av säkerhetsavvikelser som ordnades våren 2020. Till verkstaden inbjöds personer som arbetar med säkerhet i olika organisationer i järnvägsbranschen. I den fjärde deluppgiften utformades till Trafikledsverket en rekommendation om de metoder som bäst motsvarade kriterierna.

I undersökningen observerades att det finns behov för två olika metoder. Den första metoden skulle kunna erbjudas bland annat entreprenörer som ett redskap för snabb och enkel modellering och för produktion av statistikförbar information om de bidragande faktorerna till säkerhetsavvikelser. Den andra metoden skulle användas i Trafikledsverkets egna mer omfattande undersökningar för att utreda rotorsakerna till en säkerhetsavvikelse i detalj. Som ett resultat av undersökningen utformades en rekommendation för de båda alternativen och diskuterades åtgärder som anknyter till ibruktagningen av metoderna.

Juho Jaskari: Presenting incident root causes in railway safety management. Finnish Transport Infrastructure Agency 2020. Thesis 4/2020. 56 pages and 1 appendix. ISSN 2490-1202, ISBN 978-952-317-804-5.

Abstract

Finnish Transport Infrastructure Agency wants to improve railway incident investigation procedures to better identify their root causes. The goal of this research was to search different methods for root cause identification and choose the best suited method of them for railway incident investigation.

Learning from accidents and incidents is a part of railway safety management. Organizations carry out their safety management through a safety management system. Which is organization's detailed and precautionary tool for managing safety risks. It covers all parts of organizations business activities. By identifying the root causes of its accidents and incidents, an organization can plan and implement measures to address weaknesses in its safety management system.

The root causes of incidents or accidents can be found systematically by analyzing the root cause chains of these incidents or accidents by a suitable modeling method. In modeling, the idea is to organize and evaluate the data collected from the incident or accident and to show graphically how the event occurred and what factors contributed to the occurrence of the event. Modeling helps researchers to collect the data needed to analyze the event and to analyze the collected data.

This study was a qualitative study designed to map existing theories and test them in practice. The study consisted of four subtasks. In the first subtask, railway safety professionals were interviewed. The interviews were used to clarify the current procedures for analyzing accidents and incidents of railway operations and to define the criteria on the basis of which the modeling methods were evaluated. In the second subtask, modeling methods were searched for in the literature. In the third subtask observations on the use of the found methods were collected by the researcher and in a workshop organized in spring 2020. Persons working in the field of safety from organizations operating in railway sector were invited to the workshop. In the fourth subtask, a recommendation was prepared for the Finnish Transport Infrastructure Agency on the methods that best met the criteria.

The study found that there was a need for two different methods. The first method could be provided as a tool for easy and fast modeling for producing statistical information on the factors behind accidents and incidents. The second method would be used in the Finnish Transport Infrastructure Agency's own larger investigations to investigate the root causes of the occurrence. As a result of the study, a recommendation was made for both cases.

Esipuhe

Tämä diplomityön on tehnyt Juho Jaskari Tampereen yliopiston tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunnassa syksyn 2019 ja kevään 2020 aikana. Työn tilaajana oli Väylävirasto.

Työtä ovat ohjanneet professori Jouni Kivistö-Rahnasto Tampereen yliopistossa ja diplomi-insinööri Outi Lehti Ramboll Finland Oy:ssä. Väyläviraston yhteyshenkilönä toimi liikenneturvallisuuden asiantuntija Arja Toola.

Tampereella syyskuussa 2020

Väylävirasto

Sisällysluettelo

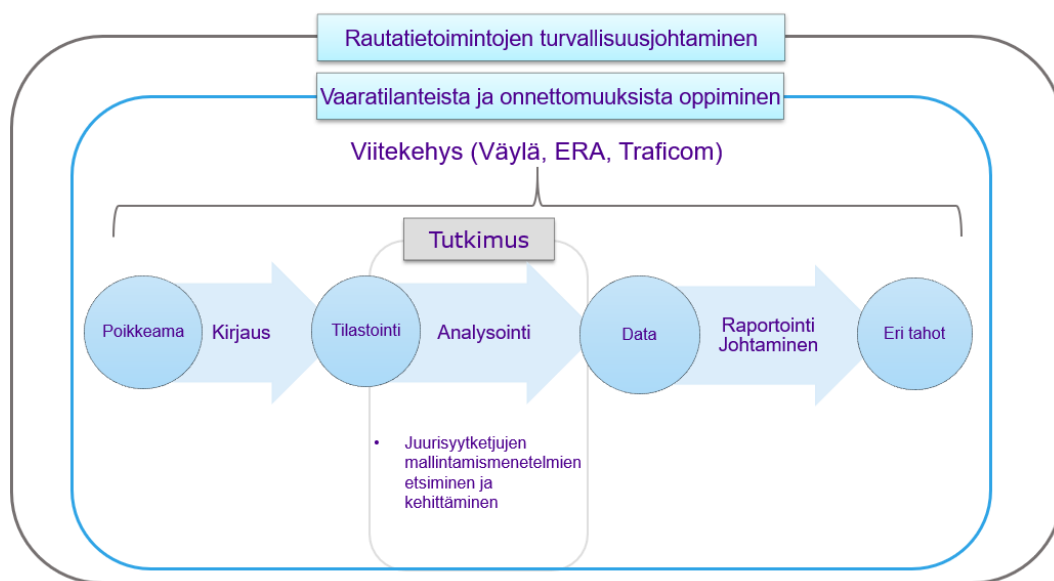
1	JOHDANTO	9
2	TAUSTA JA AIKAISEMPI TUTKIMUS	11
2.1	Turvallisuus	11
2.1.1	Turvallisuuskulttuuri	11
2.1.2	Turvallisuusjohtaminen	13
2.2	Rautatietoiminnot	14
2.2.1	Turvallisuus rautatietoiminnossa	15
2.2.2	Rautatietoimintojen turvallisuusjohtamisjärjestelmä	16
2.3	Turvallisuuspoikkeamat	18
2.3.1	Poikkeamien analysointi	20
2.3.2	Juurisyys	22
2.4	Juurisyysketjujen mallintaminen	23
2.4.1	5 miksi	23
2.4.2	Kalanruotokaavio	24
2.4.3	Tapausanalyysi HF-toolin avulla	25
2.4.4	Vikapuu	27
2.4.5	Bowtie ja esteen epäonnistuminen	29
2.4.6	The Safety Fractal Analysis	34
3	TUTKIMUKSEN TOTEUTTAMINEN	39
3.1	Rautatieturvallisuuden asiantuntijoiden haastattelut	39
3.2	Kirjallisuustutkimus	40
3.3	Mallintamismenetelmien testaaminen	40
3.4	Mallintamismenetelmän valitseminen	42
4	TULOKSET	43
4.1	Rautatieturvallisuuden asiantuntijoiden haastattelut	43
4.2	Mallintamismenetelmien etsiminen	44
4.3	Mallintamismenetelmien testaaminen	45
4.3.1	Tutkijan havainnot menetelmistä	47
4.3.2	Turvallisuuspoikkeamien mallintamistyöpaja	48
4.3.3	Yhteenvedo menetelmien arvioinnista	50
4.4	Mallintamismenetelmän valitseminen	51
5	POHDINTA	52
5.1	Tulosten validiteetti ja uskottavuus	52
5.2	Tutkimuksen aikana tehdyt havainnot	52
5.3	Jatkotoimenpiteet	53
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	54
	LÄHTEET	55

Kuvaluettelo

Kuva 1.	Tutkimuksen ympäristö.....	9
Kuva 2.	Eurooppalainen rautatieturvallisuuskulttuurimalli (European railway safety model, ei vuosilukua, ERA).....	13
Kuva 3.	Rautatiejärjestelmän keskeinen toimijakenttä ja toiminnan rajapinnat. (Rautatietoimintojen turvallisuusjohtamisjärjestelmä, käsikirja, 2019, Väylävirasto)	15
Kuva 4.	Turvallisuusjohtamisjärjestelmän osat PDCA-syklillä (Turvallisuusjohtamisjärjestelmän turvallisuustodistusta tai ... ,2018, ERA).....	17
Kuva 5.	Ideaalinen prosessi (ABS consulting, 2008 s.13).....	18
Kuva 6.	Todellinen prosessi (ABS consulting, 2008 s.14)	19
Kuva 7.	Poikkeama-analysoinnin eri tasot (ABS consulting, 2008 s.7).....	21
Kuva 8.	Juurisyyt (ABS consulting, 2008 s. 20)	22
Kuva 9.	5 miksi esimerkki.....	24
Kuva 10.	Laadunjohtamisen kalanruotokaavio	25
Kuva 11.	Inhimillisten tekijöiden nelikenttä (pohjautuen Teperi, 2012)	26
Kuva 12.	Tapausanalyysi HF-toolin avulla (Teperi & Puro, ei vuosilukua)	27
Kuva 13.	Vikapuun portit (Rooney et al, 2009)	28
Kuva 14.	Vikapuu (Rooney et al, 2009)	28
Kuva 15.	Hiekkapuhallustaturman vikapuuanalyysi (Rooney et al, 2009). ..	29
Kuva 16.	Bowtie (Smit, ei vuosilukua).....	30
Kuva 17.	Bowtien ydin.....	30
Kuva 18.	Bowtien vasen laita.....	31
Kuva 19.	Bowtien oikea laita	32
Kuva 20.	Bowtiehin perustuva esteen epäonnistumisen analysointi (Smit, ei vuosilukua).....	32
Kuva 21.	Bowtien käyttö poikkeaman tutkinnassa (Smit, ei vuosilukua)	33
Kuva 22.	Työntekijän putoaminen telineeltä.....	33
Kuva 23.	The Safety Fractal (Accou & Reniers, 2019).....	35
Kuva 24.	The Safety Fractal Analysis, SAFRAN (Accou & Reniers, 2019)	36
Kuva 25.	SAFRAN analyysin suorittaminen (Accou & Reniers, 2019).....	37
Kuva 26.	SAFRAN analyysin graafinen esitys (Accou & Reniers, 2019)	38
Kuva 28.	Turvallisuuspoikkeaman tutkintaan muokattu kalanruotokaavio	45
Kuva 29.	Kalanruotokaavion asiasanalista.....	46

1 Johdanto

Vaaratilanteista ja onnettomuuksista oppiminen on tärkeä osa rautatietojen turvallisuusjohtamista. Oppimalla turvallisuuspoikkeamistaan organisaatio voi kehittää turvallisuusjohtamistaan. Tiivistetysti turvallisuuspoikkeamien käsittely etenee kuvassa 1 esitetyllä tavalla. Poikkeaman satuttua se kirjataan ja tilastoidaan, minkä jälkeen poikkeama analysoidaan. Hyvin tehdystä analysoinnista saadaan tietoa, jonka pohjalta vastaavanlaiset tapaukset voidaan tulevaisuudessa ehkäistä. Viitekehysten rautatietojen turvallisuuspoikkeamien käsittelylle antavat EU-tasolla Euroopan rautatievirasto ERA, kansallisella tasolla turvallisuusviranomaisena liikenne- ja viestintävirasto Traficom sekä rautaverkon haltijana Väylävirasto.



Kuva 1. Tutkimuksen ympäristö

Rautatietojen turvallisuuspoikkeamia kirjataan vuosittain tuhansia, mutta kirjausten suuresta määrästä huolimatta, poikkeamien syntymiseen vaikuttaminen on havaittu puutteelliseksi. Poikkeamien juurisyyt jäävät usein huomiotta, koska juurisyyden järjestelmälliseen tunnistamiseen ei ole työkalua. Siksi Väylävirasto haluaa kehittää turvallisuuspoikkeamien käsittelyn toimintamettelyjä rautatietojen turvallisuuspoikkeamien käsittelyssä. Poikkeamien juurisyyt voidaan löytää järjestelmällisesti analysoimalla poikkeamien juurisyyketjuja siihen sopivalla mallintamismenetelmällä. Tämän tutkimuksen tavoitteena on kartoittaa vaihtoehtoisia menetelmiä juurisyyketjujen mallintamiseen ja valita niistä Väyläviraston rautatietojen turvallisuuspoikkeamien käsittelyyn sopivin. Kuvassa 1 on myös kuvattu tutkimuksen sijoittuminen esiteltyyn toimintaympäristöön.

Tutkimuksessa haastateltiin rautatiealan turvallisuuden ammattilaisia. Haastatteluiden avulla selvitettiin rautatietojen turvallisuuspoikkeamien analysoinnin nykyisiä menettelyjä ja määritettiin kriteerit mallintamismenetelmille, joita etsittiin laaja-alaisella kirjallisuustutkimuksella. Kerättyjä mallintamismenetelmiä testattiin tutkijan toimesta sekä keuhäällä 2020 järjestetyssä turvallisuuspoikkeamien mallintamistyöpajassa. Työpajaan kutsuttiin turvallisuuden parissa työskenteleviä henkilöitä eri rautatiealalla toimivista organisaatioista. Raportissa esitellään kirjallisuustutkimuksen, haastattelujen ja mallintamismenetelmien

arvioinnin tulokset, jotka johtivat tutkimuksen lopputuloksena suositeltuihin mallintamismenetelmiin.

Tutkimus käsittelee Väyläviraston rautatietöiminnoissa syntyneiden poikkeamien juurisyiden analysointia mallintamalla. Tutkimuksessa ei käsitellä poikkeaminen kirjaamista tai niiden raportointia. Tarkoituksena ei ole myöskään analysoida yksittäisiä poikkeamia vaan löytää mallintamismenetelmä Väyläviraston rautatietöimintojen poikkeamien juurisyiden analysointiin.

2 Tausta ja aikaisempi tutkimus

Tässä luvussa käsitellään turvallisuuteen ja rautatietoihimintoihin liittyvää teoriaa. Tutkimuksen kannalta tärkeimmät kokonaisuudet ovat turvallisuusjohtaminen rautatietoihiminnoissa sekä vaaratilanteista ja onnettomuuksista oppimisen sijoittuminen turvallisuusjohtamisen kokonaisuuteen. Vaaratilanteista ja onnettomuuksista oppimisesta tarkastellaan turvallisuuspoikkeamien analysointia ja turvallisuuspoikkeamien juurisyitä sekä juurisyiden tunnistamista eri mallintamismenetelmillä.

2.1 Turvallisuus

Turvallisuus termiä käytetään yleisesti arkikielessä monissa eri tilanteissa ymmärtämättä, mitä se oikeastaan tarkoittaa (King, 1979). Yksinkertainen ja geneerinen määritelmä turvallisuudelle on: Epätoivottujen lopputulemien, kuten poikkeamien tai onnettomuuksien, puute. Kuitenkin tilannetta, jossa ei ole vaaroja, voidaan saavuttaa harvoin tai ei lainkaan. Siksi turvallisuuden voisikin määritellä tilana tai tilanteena, jossa ei toivottujen tilanteiden riski on hyväksyttävän alhainen. (Hollnagel, 2014, s.1-3). Nämä määritelmät kuvaavat turvallisuutta tilanteena, jossa mahdollisimman vähän menee väärin. Turvallisuutta voidaan kuitenkin kuvata myös tilanteena, jossa mahdollisimman paljon onnistuu. Tällöin turvallisuuden voisi määritellä kykynä suoriutua niin odotetuissa kuin odottamattomissa olosuhteissa tavalla, jolla suunniteltujen ja hyväksyttävien tulosten määrä on mahdollisimman suuri (Hollnagel, 2014, s.134).

Organisaatiolle turvallisuus tarkoittaa sen kaikkien toimintojen turvallisuutta. Esimerkiksi yritysturvallisuus koostuu henkilöstö-, kiinteistö- ja toimitila-, pelastus-, tuotanto- ja toiminta-, ympäristö-, tieto- ja työturvallisuudesta. Lisäksi yritysturvallisuuteen kuuluvat väärinkäytösten ja poikkeamien hallinta sekä varautuminen ja kriisinhallinta. Turvallisuustoiminnan tavoitteena on suojata organisaatiolle tärkeitä kohteita. (Yritysturvallisuus, EK, 2020) Paine turvallisuuden kehittämiseen voi tulla esimerkiksi lain asettamasta vaatimuksesta, organisaation maineen kehittämisestä tai rahallisten säästöjen tavoittelusta (Leppänen 2006, s. 57). Monelle organisaatiolle turvallisuus on myös liiketoiminnan edellytys. (Oedewald & Reiman, 2006)

Edellytys onnistuneelle turvallisuuden kehittämiselle on turvallisuuden onnistunut mittaus. Hyvän mittariston avulla voidaan arvioida toiminnallista tehokkuutta turvallisuuden ja taloudellisuuden näkökulmista (Työturvallisuuskeskus, 2010). Turvallisuuden mittareille on yhteistä, että ne mittaavat turvallisuutta usein sen puuttumisen kautta. Mittareiden tavalliset kohteet ovat usein ihmiset, ympäristö tai organisaation toiminnan häiriöttömyys (Hollnagel 2014, s.10).

2.1.1 Turvallisuuskulttuuri

Turvallisuuskulttuuri termi sai alkunsa 1986 Tšernobylin ydinvoimalaonnettomuuden tutkimuksen yhteydessä, jolloin sen käyttö ydinvoima-alalla yleistyi. Termin käyttö on yleistynyt myös muilla aloilla ja useat tutkijat ovat antaneet sille määritelmiä (Cole et al. 2013, s. 14-16). Tällöin Kansainvälinen atomienergiajärjestö IAEA määritteli turvallisuuskulttuurin muodostuvan organisaation sekä yksittäisten ihmisten piirteistä ja asenteista, joiden tuloksena turvallisuuden vaikuttavat tekijät saavat kukin tärkeytensä edellyttämän huomion ja ovat

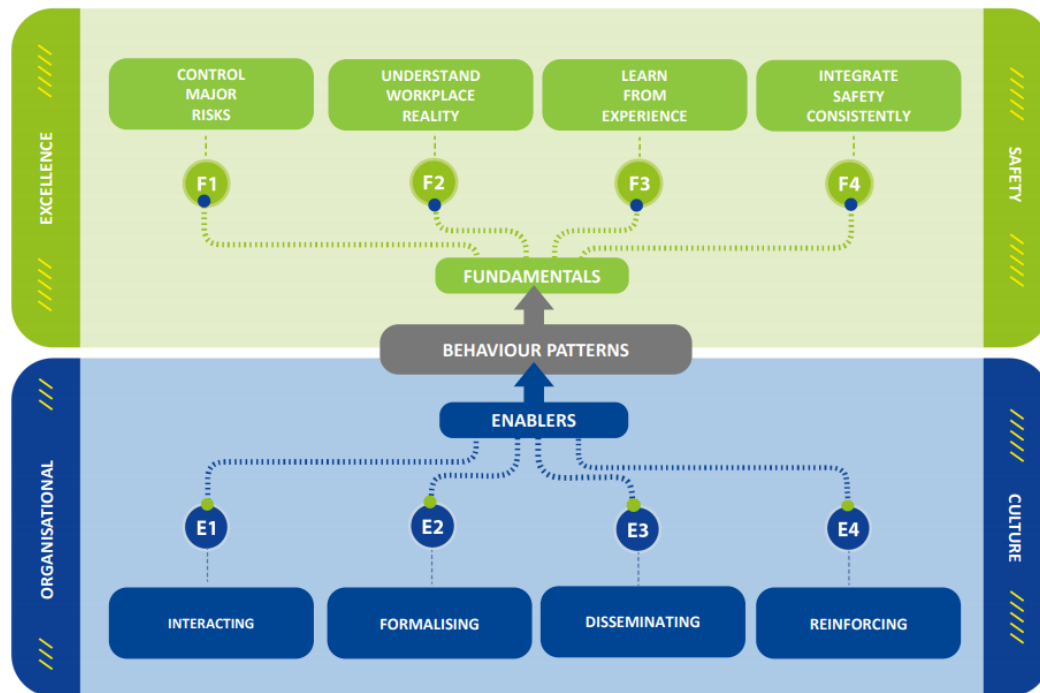
etusijalla päätöksiä tehtäessä (IAEA, 1991). IAEA:n määritelmän lisäksi turvallisuuskulttuurilla on useita muita määritelmiä. Esimerkiksi Isossa Britanniassa työturvallisuus ja -hyvinvointi viranomaisen Health and Safety Executive määrittelee turvallisuuskulttuurin yksilön ja ryhmän arvojen, asenteiden, käsitysten, kompetenssien ja käyttäytymistapojen tuotteeksi, joka määrittää organisaation turvallisuusjohtamisen tyylin ja tason sekä sitoutumisen siihen (HSE, 1997, s. 16).

Rautatiealalla Euroopan rautatievirasto määrittelee turvallisuuskulttuurin seuraavasti: "Turvallisuuskulttuurilla tarkoitetaan turvallisuusjohtamisjärjestelmän vaatimusten ja ihmisten välistä vuorovaikutusta, miten ihmiset ymmärtävät järjestelmän vaatimukset asenteisiinsa, arvoihinsa ja uskomuksiinsa pohjautuen ja miten he sen perusteella tositilanteessa tekevät päätöksiä ja käyttäytyvät. Positiivisessa turvallisuuskulttuurissa johtajat ja muut yksilöt toimivat aina turvallisesti, myös kohdatessaan turvallisuuden kanssa kilpailevia tavoitteita" (The European Railway Safety Culture Declaration, ei vuosilukua, ERA).

Turvallisuuskulttuurissa on kolme toisiinsa vuorovaikuttavaa tasoa, organisatoriset, psykologiset ja sosiaaliset ulottuvuudet. Organisatoriset tekijät vaikuttavat turvallisuuskulttuurin psykologisiin ja sosiaalisiin tekijöihin ja vastavuoroisesti psykologiset tekijät vaikuttavat organisatorisiin ja sosiaalisiin tekijöihin. (Reiman et al. 2008, s. 90)

ERAssa on kehitetty eurooppalainen rautatieturvallisuuskulttuurimalli (kuva 2), joka tarkentaa näitä ulottuvuuksia:

- Kulttuuriset edesauttajat: Keinot, joiden kautta organisaation kulttuuri kehittyy
- Käyttäytymismallit: Organisaatiossa jaetut ajattelu- ja käyttäytymismallit
- Rautatieturvallisuuden perustat: Turvallisuuden ydinolettamukset, joita käyttäytymismallien tulisi heijastaa pysyvän ja kestävä turvallisuuden saavuttamiseksi. (European railway safety model, ei vuosilukua, ERA)



Kuva 2. Eurooppalainen rautatieturvallisuuskulttuurimalli (European railway safety model, ei vuosilukua, ERA)

Riippumatta turvallisuuskulttuurin määritelmästä turvallisuuskulttuuriin liittyy oleellisesti ajatus turvallisuuskulttuurin muokattavuudesta toimenpiteillä ja ideaalitalanteesta, johon organisaation tulee näillä toimenpiteillä pyrkiä (Reiman et al. 2008, s.23).

2.1.2 Turvallisuusjohtaminen

Turvallisuusjohtaminen on ihmisten, menetelmien ja toimintatapojen johtamista organisaation kokonaisvaltaisen turvallisuuden saavuttamiseksi (Työsuojeluhallinto, 2010). Turvallisuusjohtamisen tavoitteena on organisaation ihmisiä, omaisuutta, tietoa tai mainetta vahingoittavien tapahtumien järjestelmällinen ennaltaehkäisy (Lanne, 2007, 11-12).

Onnistuakseen turvallisuuden johtamisessa koko organisaation täytyy sitoutua turvallisuusjohtamisajatteluun. Sen täytyy varmistaa, että turvallisuuden kehittämiseksi tehtävä suunnittelu, toiminta ja seuranta on organisaatiossa jatkuvaa. Organisaation johto voi odottaa sitoutumista henkilöstöltä vasta itse niin tehtyään. (Työsuojeluhallinto, 2010)

Turvallisuusjohtaminen pitää sisällään organisaation turvallisuuspolitiikan määrittämisen, velvoitteiden ja vastuiden määrittämisen ja asettamisen, riskien arvioinnin, turvallisuuden mittaamisen, seurannan ja dokumentoinnin sekä osaamisen ja tiedon kulun varmistamisen. Jatkuvan parantamisen varmistamiseksi osana turvallisuusjohtamista täytyy olla myös toimiva palautejärjestelmä, jonka avulla organisaatio arvioimaan omia käytäntöjään. (Työsuojeluhallinto, 2010)

2.2 Rautatietoiminnot

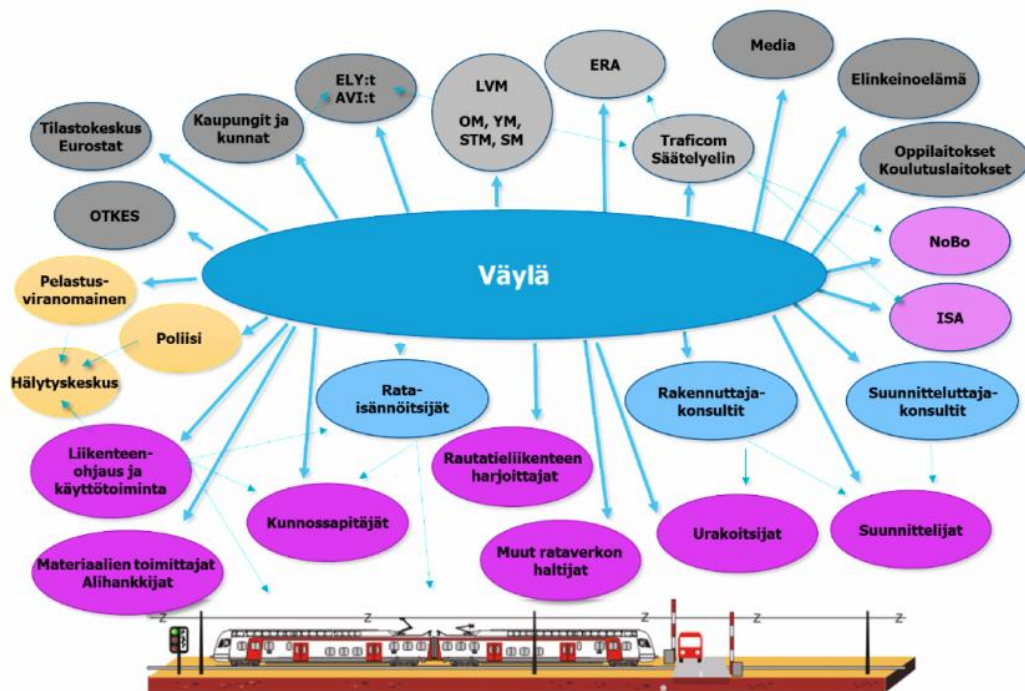
Rautatie on liikenneväylämuoto. Tyypillisesti rautatiellä kulkualustana toimivat kaksi teräksistä kiskoa, jotka ovat alapäin tuettu ratapölkyillä, jotka ovat poikittain kiskojen kulkusuuntaan nähden. Rautateillä kuljetaan junilla, jotka kuljettavat matkustajia tai rahtia. Rautatie pitää sisällään koko rautatieliikenne väylän mukaan lukien raiteet, laitteet, järjestelmät, asemat, ratapihat, opastimet, sähköistykset sekä turvalaitteet. (Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 1 yleiset perusteet, 2018, Liikennevirasto) Rautatieliikenne on yhteiskunnalle perinteinen ja tärkeä liikennemuoto. Sillä on keskeinen rooli elinkeinoelämässä ja ihmisten liikkumisessa. Rautateiden toimintaympäristö on jatkuvassa muutoksessa, mikä tuo alalle uusia haasteita ja mahdollisuuksia (Rataverkon kokonaiskuva, Liikennevirasto, 2018).

Vuoden 2018 lopussa Suomessa oli 5926 kilometriä Suomen valtion omistamaa rataverkkoa, josta 3270 kilometriä oli sähköistetty (Rataverkko, 2019, Väylävirasto). Rataverkon hallinnoinnista, laiturialueista sekä rataverkon kunnossapidossa vastaa Väylävirasto, joka käyttää sen kunnossapitoon vuosittain lähes 200 miljoonaa euroa. Väylävirasto on liikenne- ja viestintäministeriön hallinnon alla toimiva Suomen valtion virasto, joka työllistää noin 400 vakinaista asiantuntijaa ja välillisesti noin 12 000 henkilöä. Vanha liikennehallinto muuttui Väylävirastoksi liikennehallinnon uudistumisen yhteydessä 1.1.2019. Väyläviraston tavoitteena on Suomen hyvinvoinnin, kilpailukyvyn ja kestävä kehityksen mahdollistaminen toimivan väyläverkon avulla. Väylävirasto ei itse toteuta vastuullaan olevia palveluita, vaan ne ostetaan ulkoisilta palveluntarjoajilta hankintamenettelyiden periaatteilla. Tätä kutsutaan tilaaja-tuottaja-malliksi (Tapamme toimia, Väylävirasto, 2019). Valtion rataverkon lisäksi Suomessa on runsaasti lyhyehköjä yksityisraiteita. (Rataverkon kokonaiskuva, Liikennevirasto, 2018)

Liikenneväyliin liittyvät lait valmistelee Liikenne- ja viestintäministeriö. Ministeriön hallinnon alaan kuuluvat Väylävirasto ja Liikenne- ja viestintävirasto Traficom, jonka tehtävänä on edistää liikennejärjestelmän toimivuutta ja turvallisuutta sekä toimia lupa-, rekisteröinti- ja valvontaviranomaisena. Muita näkyviä toimijoita suomalaisissa rautatietoiminnoissa ovat muun muassa junien liikennöinnistä vastaava VR sekä kuntayhtymä HSL, joka järjestää joukkoliikenteen alueellaan hankkimalla lähijunaliikenteen palvelut VR:ltä. Laiturinäytöistä, kuu-lutuksista asemalla ja liikenteen ohjauksesta vastaa Finrail, joka on Traffic Management Finland Oy:n tytäryhtiö. Traffic Management Finlandin omistaja-ohjauksesta vastaa Liikenne- ja viestintäministeriö. (Rautatiealan keskeiset toimijat, 2020, VR-yhtymä)

Liikennöinnin mahdollistamiseksi rataverkkoa täytyy huoltaa. Sen kunnossapito on jatkuvaa työtä, johon kuuluvat tarkastukset, määräaikaishuollot, viankorjaukset ja talvisin lumityöt. Kunnossapitäjänä toimii urakoitsija, joka tekee työt rataverkon pitämiseksi käyttökelpoisena koko rautatien elinkaaren ajan. (Rataverkko, 2019, Väylävirasto)

Suomen rautatieliikenteen toimintaympäristö on hyvin laaja. Tämän vuoksi Väylävirasto tekee huomattavasti yhteistyötä yli organisaatiorajojen. (Rautatie-toimintojen turvallisuusjohtamisjärjestelmä, käsikirja, 2019, Väylävirasto). Kuvassa 3 on esitetty Suomen rautatiejärjestelmän keskeinen toimijakenttä ja eri toimijoiden rajapinnat.



Kuva 3. Rautatiejärjestelmän keskeinen toimijakenttä ja toiminnan rajapinnat. (Rautatietoimintojen turvallisuusjohtamisjärjestelmä, käsikirja, 2019, Väylävirasto)

2.2.1 Turvallisuus rautatietoiminnossa

Rautatieturvallisuuteen vaikuttavat lukuisat EU-tasoiset ja kansalliset säädökset. Väylävirastolla on vastuu turvallisuuden varmistamisesta rautatietoimintojen eri osa-alueilla, joihin kuuluu muun muassa liikenne-, juna-, rata-, työ-, tasoristeys-, järjestelmä-, ja kyberturvallisuus. Lisäksi Väylävirasto ohjeistaa rautatieliikenteen harjoittajia rataverkolla liikennöinnistä ja toimimisesta yhteisten menettelyiden mukaisesti. Turvallisuuden varmistamiseksi ja kehittämiseksi Väylävirasto tekee laajaa yhteistyötä muiden kuvassa 3 olevien toimijoiden kanssa. Näin varmistetaan, että koko rautatieala kehittää turvallisuutta yhteistyössä. (Rautatietoimintojen turvallisuusjohtamisjärjestelmä, käsikirja, 2019, Väylävirasto)

EU-säädösten mukaisesti rautatiejärjestelmän turvallisuusviranomaisena kansallisesti Suomessa toimii liikenne- ja viestintävirasto Traficom, jonka keskeisiin tehtäviin kuuluu valvoa ja kehittää rautatieturvallisuutta. Tätä tehtävää Traficom suorittaa rautatieliikenteen harjoittajien turvallisuustodistuksen ja rataverkon haltijoiden turvallisuuslupien hyväksymisellä, rautatiejärjestelmän valvomisella sekä osallistumalla rautatiejärjestelmän ja siihen liittyvän sääntelyn kehittämiseen Suomessa ja EU:ssa. (Rautatiesektorin toimijat, 2019, Traficom)

EU-alueella toimii myös Euroopan unionin rautatievirasto, jonka tavoitteena on edistää Euroopan rautatiejärjestelmien yhteen toimivuutta ja turvallisuutta, minkä eteen ERA tekee tiivistä yhteistyötä EU:n jäsenvaltioiden turvallisuusviranomaisien kanssa. Vuodesta 2019 alkaen myös ERA voi myöntää turvallisuusluvan rautatieliikenteen harjoittajalle. (Rautatiesektorin toimijat, 2019, Traficom)

Traficommin tai ERA:n myöntämä turvallisuuslupa rataverkon haltijalle rataverkon suunnittelua, rakentamista, kunnossapitämistä ja hallintaa varten on osoitus, että organisaatio on toiminnassaan huomionnut turvallisuutta koskevat vaatimukset ja pystyy toimimaan luvan edellyttämällä tavalla. Turvallisuusluvan saaminen edellyttää, että organisaatiolla on käytössään kriteerit täyttävä ja toimiva turvallisuusjohtamisjärjestelmä. (Rataverkon haltijan turvallisuuslupa, 2019, Traficom)

2.2.2 Rautatietoimintojen turvallisuusjohtamisjärjestelmä

EU:n rautatieturvallisuudirektiivin EU 2016/798 (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi rautateiden turvallisuudesta) pohjalta säädetyn raideliikennelain perusteella, rataverkon haltijalla on Suomessa toimiakseen oltava turvallisuuslupa, jonka edellytyksenä on hyväksytty turvallisuusjohtamisjärjestelmä. Asetuksen mukaisesti turvallisuusluvan haltijan on luvan saatuaan jatkettava turvallisuusjohtamisjärjestelmän käyttöä ja kehittämistä. Luvan myöntämisen jälkeen rataverkon haltijan turvallisuusjohtamisjärjestelmää hyödynnetään myös luvan myöntämisen jälkeen suoritettavassa valvonnassa.

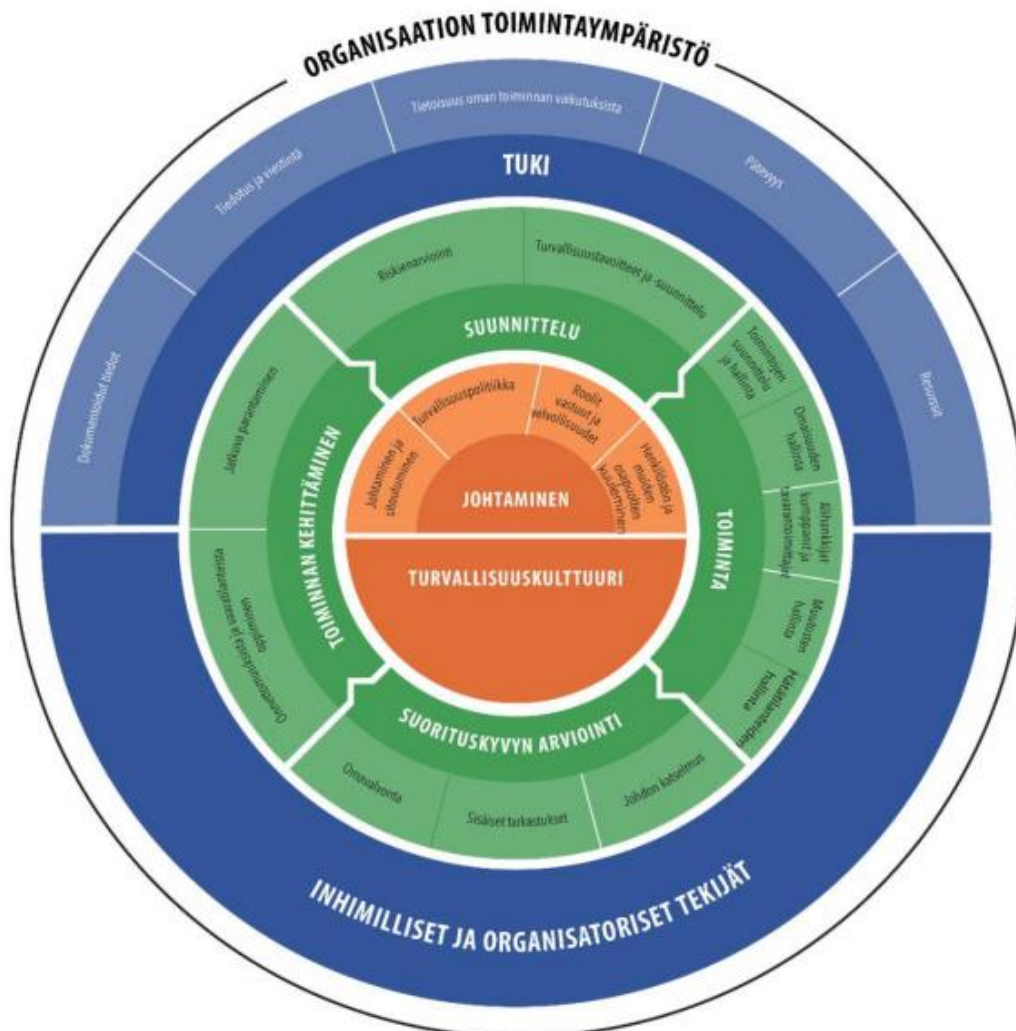
Turvallisuusjohtamisjärjestelmä on liiketoiminnallinen lähestymistapa turvallisuuteen. Se on organisaation yksityiskohtainen ja ennaltaehkäisevä turvallisuusriskien hallitsemisen työkalu (Transport Canada, 2001). Se kattaa kaikki organisaation turvallisuuden osa-alueet ja varmistaa organisaation systemaattisen ja dokumentoidun turvallisuuden hallinnan. Organisaatiolle turvallisuusjohtamisjärjestelmä on tapa osoittaa ja varmistaa, että se tunnistaa ja hallitsee kaikissa olosuhteissa sen toimintaan liittyvät turvallisuusriskit sekä täyttää organisaatiolle asetetut turvallisuusvaatimukset. Onnistuakseen turvallisuusjohtamisen tavoitteissaan organisaation on kattavan turvallisuusjohtamisjärjestelmän dokumentoinnin lisäksi integroitava järjestelmä osaksi sen kaikkia liiketoiminnan prosesseja. Turvallisuusjohtamisjärjestelmän rakentamiseksi organisaation on ymmärrettävä sen toimintaan liittyvät riskit, lainsäädäntö sekä toimenpiteet hyvän suorituskyvyn saavuttamiseksi ja ylläpitämiseksi. Lopullisen järjestelmän tulisi elää ja kehittyä organisaation mukana (Turvallisuusjohtamisjärjestelmän turvallisuustodistusta tai turvallisuuslupaa koskevat vaatimukset, 2018, ERA).

Turvallisuuden riskien valvonnassa on kolme kriittistä osa aluetta: tekninen tekijä, joka sisältää käytettävät työkalut ja laitteet, inhimillinen tekijä, joka käsittää käytännön työtä tekevät ihmiset sekä heidän osaamisensa, koulutuksensa ja motivaationsa sekä organisatorinen tekijä, joka käsittää tehtävien suhteen määritetyt menetelmät ja menettelyt. Onnistunut ja tehokas turvallisuusjohtamisjärjestelmä huomioi, valvoo ja parantaa kaikkia kolmea osa-aluetta. (Turvallisuusjohtamisjärjestelmän turvallisuustodistusta tai ... ,2018, ERA)

Rautatietoimintojen turvallisuusjohtamisjärjestelmän osat voidaan jakaa kuvan 4 mukaisesti PDCA-prosessiin (Suunnittelu, Toimiminen, Arviointi, Kehittäminen).

- Suunnitteluun kuuluvat riskien ja mahdollisuuksien tunnistaminen, turvallisuustavoitteiden asettaminen sekä toimenpiteiden määrittäminen tavoitteisiin pääsemiseksi.

- Toiminta koostuu suunnitelmien mukaisten toimenpiteiden käytäntöön panemisesta sekä niiden kehittämisestä. Tähän vaiheeseen kuuluvat muun muassa toimintojen suunnittelu ja hallinta, omaisuuden hallinta, alihankkijoiden ja kumppaneiden huomioiminen, muutosten hallinta sekä hätätilanteiden hallinta.
- Suorituskyvyn arvioinnissa seurataan käytäntöön pantujen prosessien ja toimenpiteiden tehokkuutta ja arvioidaan niitä asetettuihin tavoitteisiin nähden. Siihen kuuluvat organisaation omaevalvonta, sisäiset tarkastukset ja johdon katselmukset.
- Kehittämisessä toteutetaan toimenpiteitä järjestelmän ja turvallisuuden suorituskyvyn jatkuvaksi parantamiseksi. Organisaation toiminnassa PDCA-syklin tulisi kiertää jatkuvasti. (Turvallisuusjohtamisjärjestelmän turvallisuustodistusta tai ... ,2018, ERA)



Kuva 4. Turvallisuusjohtamisjärjestelmän osat PDCA-syklillä (Turvallisuusjohtamisjärjestelmän turvallisuustodistusta tai ... ,2018, ERA)

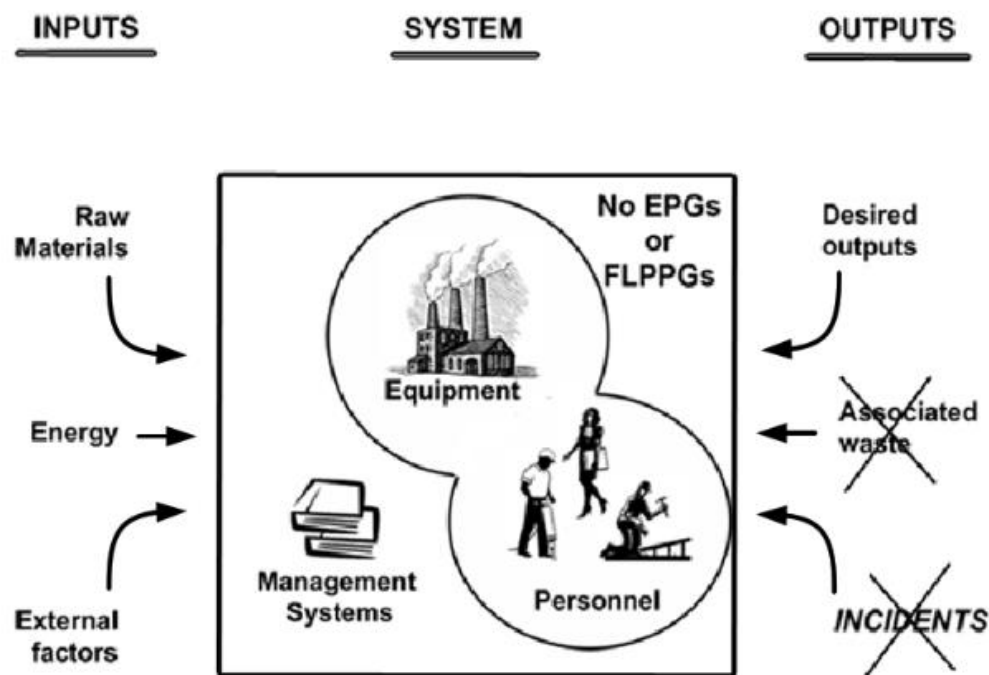
Edellä esitettyä ydinprosessia täydentävät:

- Organisaation tausta, johon suunnittelu perustuu,
- johtaminen, jolla käynnistetään ydinprosessi,
- sekä erilaiset tukitoimet, joilla tuetaan, turvallisuusjohtamisjärjestelmän osia.

Turvallisuuspoikkeamien tarkastelu on tärkeä osa turvallisuusjohtamisjärjestelmän toiminnan kehittämistä. Onnettomuuksien ja vaaratilanteiden tarkastelun kautta organisaatio voi oppia ja parantaa riskienhallintaa vastaavien tilanteiden välttämiseksi. Turvallisuusluvan vaatimukset täyttääkseen organisaatiolla on oltava turvallisuusjohtamisjärjestelmässään dokumentoidut menettelyt onnettomuuksien ja vaaratilanteiden raportointiprosesseista, sisältäen selvityksen poikkeaman perussyiden selvittämisestä ja analysoinnista sekä tiedot menetelmästä, jota organisaatio käyttää onnettomuuksien ja vaaratilanteiden tutkimuksissa. (Turvallisuusjohtamisjärjestelmän turvallisuustodistusta tai ... ,2018, ERA)

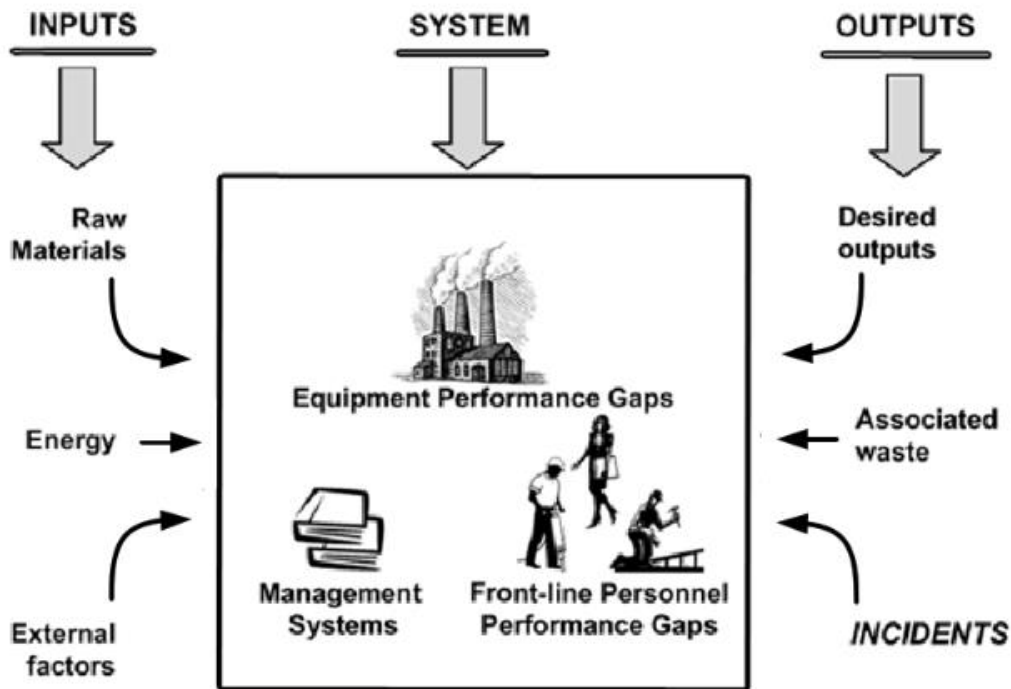
2.3 Turvallisuuspoikkeamat

Organisaatio toimii ideaalitilanteessa kuvan 5 mukaisesti. Työkalujen, ihmisten ja organisaation johtamisen toimiessa täydellisesti organisaatio tuottaa toivotun lopputuloksen suunnitelmien mukaisesti ilman hävikkiä tai turvallisuuspoikkeamia.



Kuva 5. Ideaalinen prosessi (ABS consulting, 2008 s.13)

Kuitenkin todellisuudessa työkalut, ihmiset ja organisaation johto eivät toimi täydellisesti vaan työkaluissa, ihmisissä, johtamisessa sekä johtamisjärjestelmissä on puutteita, jolloin kuvan 4 ideaalisesta prosessista syntyy kuvan 6 mukaisesti toivotun tuotteen lisäksi hävikkiä ja turvallisuuspoikkeamia. (ABS consulting, 2008 s.13)



Kuva 6. Todellinen prosessi (ABS consulting, 2008 s.14)

ERAn määritelmän mukaan rautatietoinnissa turvallisuuspoikkeama tarkoittaa mitä tahansa turvallisuuteen liittyvää tapahtumaa, joka puuttumattomana saattaa vaarantaa rautatiekaluston, matkustajan, henkilökunnan tai muun henkilön turvallisuuden ja sisältää erityisesti vahingon tai tapaturman. (Big data in railways, 2016, ERA).

Suomessa rautateillä tehtävissä töissä kirjattiin vuonna 2018 yhteensä 4424 turvallisuuspoikkeamaa, johon sisältyi 461 onnettomuutta tai vahinkoa. Taulukossa 1 on esitetty turvallisuuspoikkeamien määrän ja laadun kehittyminen vuosina 2014–2018.

Taulukko 1. Rautatieliikenteelle kohdistuneiden onnettomuuksien ja vahinkojen sekä vaaratilanteiden ja turvallisuushavaintojen lukumäärät vuosina 2014–2018. (Rautatietointojen turvallisuuspoikkeamat 2018, 2019, Väylävirasto)

	2014	2015	2016	2017	2018
Onnettomuudet ja vahingot	1136	1038	827	928	461
Vaaratilanteet	2187	2801	3381	3882	3150
Yhteensä	3323	3839	4208	4810	3611
Turvallisuushavainnot	525	428	1146	1562	813

Turvallisuuspoikkeamatietoja kerätään valtion rataverkon rautatietoiminnosta sekä rataverkon suunnittelu-, rakentamis-, kunnossapitotöistä ja muista maas-
totöistä. Väylävirasto hyödyntää turvallisuuspoikkeamista saatua tietoa turval-
lisuustason arvioinnissa, toimenpiteiden valinnassa ja kohdentamisessa. Taulu-
kossa 2 on esitelty turvallisuuspoikkeamien jakaantuminen luokittain vuodesta
2014 vuoteen 2018. (Rautatietoimintojen turvallisuuspoikkeamat 2018, 2019,
Väylävirasto)

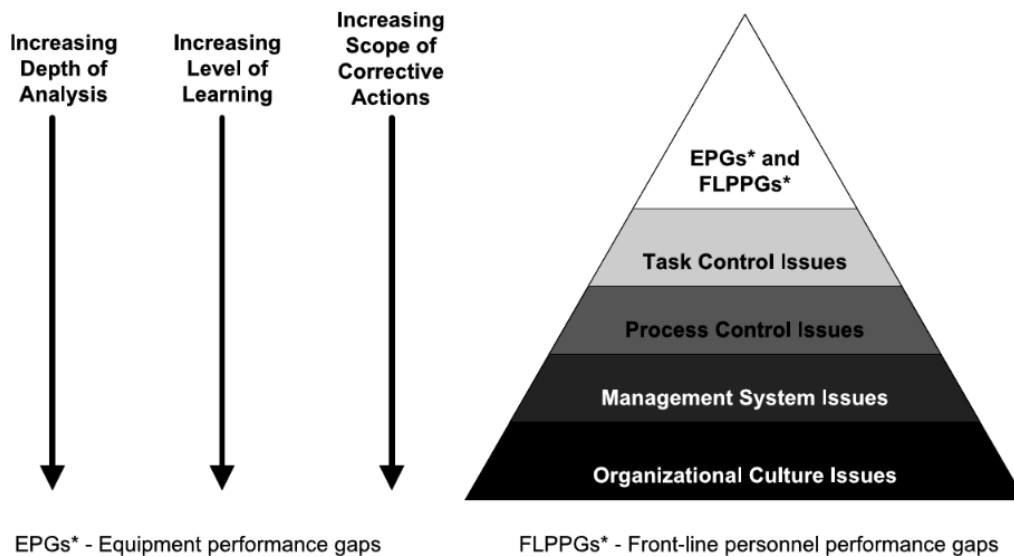
Taulukko 2. *Rautatieturvallisuuspoikkeamat (Rautatietoimintojen turvalli-
suuspoikkeamat 2018, 2019, Väylävirasto)*

	2014	2015	2016	2017	2018
Junaliikenne	919	732	758	946	1033
Vaihtotyö	205	327	301	271	305
Ratatyö	233	375	548	582	436
Tasoristeys	204	408	245	245	286
Henkilövahinko	99	213	181	233	235
VAK-onnettomuus	5	17	14	31	21
Liikkuva kalusto	507	737	820	1017	1050
Rautatieinfrastruktuuri	382	564	973	1040	863
Muu onnettomuus	1082	989	792	1591	1112

Taulukosta nähdään, että eniten poikkeamia kirjataan liikkuvaan kalustoon, ju-
naliikenteeseen ja rautatieinfrastruktuuriin liittyen. (Rautatietoimintojen turval-
lisuuspoikkeamat 2018, 2019, Väylävirasto)

2.3.1 Poikkeamien analysointi

Turvallisuuspoikkeamien tutkinnassa päätavoitteena on löytää organisatoriset
heikkoudet, jotka mahdollistivat poikkeaman syntymisen. Tutkinnassa on tär-
keää, että ei etsitä syyllistä tai asioita, joiden avulla voidaan pakoilla vastuuta
vaan pyritään estämään vastaavat tapahtumat. Tavoitteisiin päästäkseen ana-
lysoinnin ei saa pysähtyä välittömien syiden määrittämiseen vaan, sen täytyy
jatkua syvemmälle, jotta päästään kiinni poikkeaman juurisyihin, joiden perus-
teella voidaan määrittää oikeita ja tehokkaita toimenpiteitä vastaavien tapahtu-
mien ehkäisemiseksi. Kuvassa 7 on esitetty poikkeama-analyysin tasoja ja kul-
takin tasolta saatavia tuloksia. (ABS consulting, 2008 s.6)



Kuva 7. Poikkeama-analysoinnin eri tasot (ABS consulting, 2008 s.7)

Kolmion yläpäässä on työkalujen ja työntekijöiden toiminnan tarkastelu, jossa tapahtunutta verrataan normaalitoimintaan. Nämä tekijät voidaan usein tunnistaa pienellä vaivalla, mutta eivät tuota tuloksia organisaation heikkouksien korjaamiseksi, sillä työkaluissa ja työntekijöiden toiminnassa ilmenevät ongelmat ovat hyvin usein vain oireita kolmiossa alempana sijaitsevista juurisyistä. Analyysin tulisi vastata kysymykseen: "Mikä organisaation toiminnassa aiheutti tai mahdollisti poikkeaman syntymisen?"

Vastaus kysymykseen löytyy hyvin usein alempaa kolmiosta. Seuraavat askeleet kolmiossa alaspäin pitävät sisällään tehtävien ja prosessien kontrollit, joissa piilevät viat ovat perusteellisempia syitä poikkeaman taustalla. Kuitenkin todelliset juurisytyt löytyvät kolmion alimmilta tasoilta, jotka pitävät sisällään organisaation johtamisjärjestelmän ja kulttuurin ongelmat. Näissä osa-alueissa oleviin syihin kiinni pääseminen vaatii paljon työtä, mutta niiltä saatavien juurisyiden avulla voidaan suunnitella kokonaisvaltaisia toimenpiteitä, jotka ratkaisevat ongelmat ja poistavat niiden toistuvuuden. (ABS consulting, 2008 s.6)

Päästäkseen kiinni poikkeamien juurisyihin organisaatio tarvitsee järjestelmällisen tavan poikkeamien analysointiin. Ilman järjestelmällisyyttä organisaatio ei voi saavuttaa tilaa, jossa se pystyy tunnistamaan ja poistamaan organisaation johtamisjärjestelmän ja kulttuurin heikkouksia. (ABS consulting, 2008 s.5)

Organisaation on hyvä määrittää, mitkä poikkeamat kannattaa analysoida perusteellisesti, sillä aina läpikotaiseen tutkintaan investointi ei tuota tarpeeksi tietoa, jotta sitä voitaisiin pitää perusteltuna. Määritettäessä mitä poikkeamia tutkitaan, täytyy huomioida, kuinka vakavia seurauksia poikkeamalla on. Hyvänä sääntönä on tutkia kolmen tyyppisiä poikkeamia:

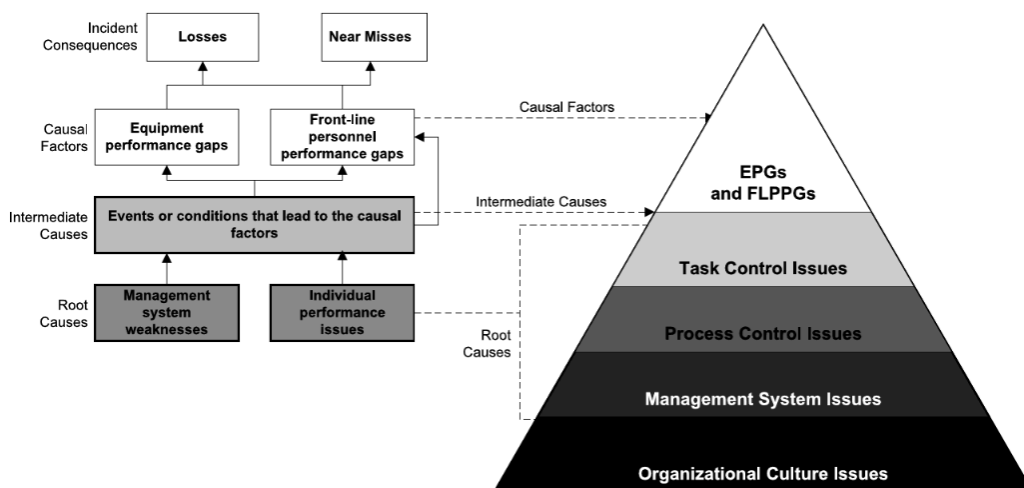
- Vahingoiltaan suuret poikkeamat: Näiden poikkeamien seuraukset ovat organisaatiolle sietämättömiä. Esimerkkejä suurista poikkeamista ovat muun muassa kuoleman tapaukset, vakavat loukkaantumiset, merkittävän ajan menetyksen aiheuttavat tapaukset tai suuret kalustovahingot.

- Vahingoiltaan suurten poikkeamien läheltä-piti tilanteet: Näissä tapauksissa selvittää usein ilman tai pienellä seurauksilla. Niihin kuitenkin liittyy mahdollisuus suurista vahingoista.
- Useasti toistuvat poikkeamat: Useasti toistuvat poikkeamat, jotka yhdessä aiheuttavat organisaatiolle merkittäviä kustannuksia. (ABS consulting, 2008 s.8)

2.3.2 Juurisyyt

Poikkeaman juurisyy on johtamisjärjestelmän heikkous, joka liittyy asiaan jota organisaation johto voi hallita. Analysoinnissa ei pidä keskittyä etsimään syitä, joita organisaatio ei voi hallita, sillä sen perusteella ei voida tehdä toimenpiteitä asian korjaamiseksi ja analysointiin käytetyt resurssit ovat hukattuina. Esimerkiksi työntekijän pudotessa telineeltä, hän putoaa, koska painovoima vetää häntä kohti maan pintaa. Tällöin putoamisen syyksi voitaisiin todeta painovoima. Organisaatio ei kuitenkaan pysty kontrolloimaan painovoimaa, siksi analysoinnissa tulisi keskittyä löytämään organisatorinen tekijä, joka mahdollisti työntekijän putoamisen. Kun tämä tekijä löydetään, on löydetty juurisyy. (ABS consulting, 2008 s.79-80)

Kuvassa 8 on esitetty kuvan 7 kolmion tasoilla löytyvät taustatekijät. Ylimmällä tasolla eli työntekijöiden ja työkalujen toiminnassa ovat poikkeaman välittömät syyt. Välittömien syiden taustalta löytyvät välilliset syyt. Ne ovat tapahtumia tai olosuhteita, jotka johtivat poikkeaman välittömään syyhyn. Alimmalta tasolta löytyvät viimein johtamisjärjestelmässä sijaitsevat juurisyyt. Välillisten ja välittömien syiden tunnistaminen on tärkeää, sillä ilman niitä juurisyytä ei voida selvittää. (ABS consulting, 2008 s.20)



Kuva 8. Juurisyyt (ABS consulting, 2008 s. 20)

Poikkeamalla on harvoin vain yksi syy. Poikkeaman ehkäisemiseksi on hyvin usein monia esteitä, jolloin useamman esteen täytyy epäonnistua poikkeaman syntymiseksi. Analysoitaessa poikkeamaa ei pidä keskittyä liikaa tai pysähtyä yhteen juurisyyhyn, sillä tämä johtaa useamman tekijän ja korjaavan toimenpiteen selvittämättä jäämiseen. (ABS consulting, 2008 s.20)

2.4 Juurisyyketjujen mallintaminen

Juurisyyketjujen mallintaminen on tapa auttaa poikkeaman analysointiin tarvittavan datan keräämisessä sekä analysoida poikkeamasta kerättyä dataa. Niiden avulla voidaan laajentaa poikkeaman tutkijoiden näkemystä, jotta poikkeamasta saataisiin selville useita juurisyitä. Mallintamisessa ideana on organisoida ja arvioida poikkeamasta kerättyä dataa ja sitä kautta esittää graafisesti, miten poikkeama tapahtui ja mitkä tekijät vaikuttivat poikkeaman syntyyn. Graafisen mallin rakentaminen korostaa aukkoja ja epäjohton mukaisuuksia kerätyssä datassa kannustaen tutkijoita korjaamaan nämä puutteet. Graafinen malli rakennetaan poikkeamatutkinnan ohessa perustietojen pohjalta. Tutkinnan edetessä malliin on hyvä kirjata myös kysymykset ja oletukset, jotka tutkijoiden on selvitettävä. (ABS consulting, 2008 s.60)

Mallintamismenetelmiä on avoimia ja erilaisiin asiasanalistoihin perustuvia. Asiasanalistojen käyttö nopeuttaa juurisyiden tunnistamista tarjoamalla lähtökohdat mallintamiseen. Lisäksi asiasanalistojen käyttö mahdollistaa juurisyiden tilastoimisen, jolloin organisaatio voi luoda trendejä juurisyistä poikkeamiensa taustalla. Kolmas hyöty asiasanalistojen käytössä on, että niiden käyttö yhtenäistää organisaation ja kaikkien muiden samaa asiasanalistaa käyttävien sidosryhmien käyttämää termistöä. Asiasanalistojen käyttö kuitenkin rajoittaa yksilöiden tai ryhmän tekemää pohdintaa, jolloin asiasanalistan ulkopuolella olevien tekijöiden tunnistaminen heikkenee. (ABS consulting, 2008 s.88)

Alla on esitelty tässä tutkimuksessa myöhemmin tarkemmin tutkittuja mallintamismenetelmiä.

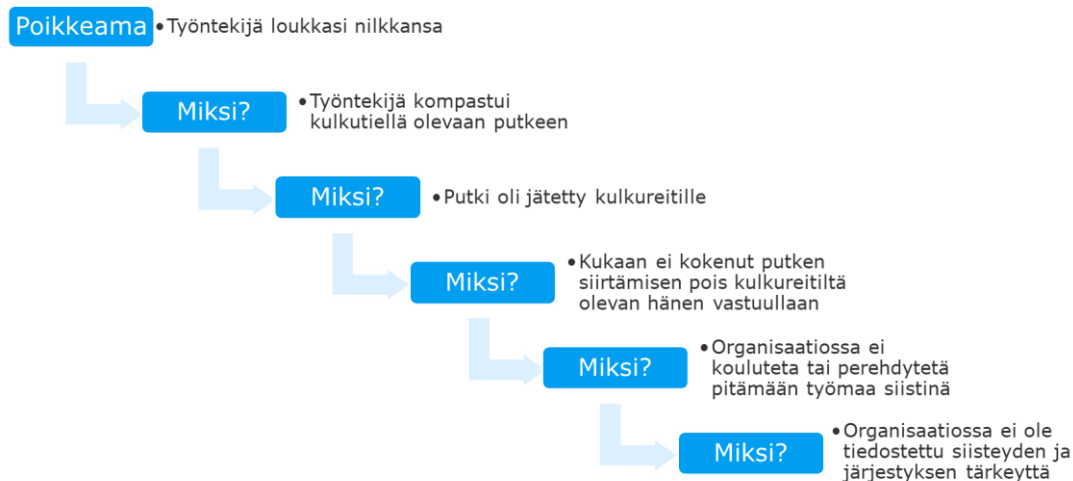
2.4.1 5 miksi

5 miksi on japanilaisen Sakichi Toyodan kehittämä iteratiivinen juurisyiden tunnistamismenetelmä. Sitä käytettiin alun perin Toyota Motor Corporationissa, mutta nykyisin se on levinnyt laajalle tuotannonohjauksessa. Menetelmä on osa muun muassa Kaizenia, Lean-ajattelua sekä Six sigmaa. Tavoitteena on löytää poikkeaman juurisyy toistamalla kysymystä "miksi?". Yleisesti ottaen 5 iteraatiota on tarpeeksi juurisyyn löytämiseen, mutta menetelmää voidaan jatkaa eteenpäin tarpeen vaatiessa. (Serrat, 2017)

Menetelmä alkaa ongelman työstämisestä. Ongelma on tärkeää työstää hyvin ja tehdä selväksi kaikille analyysiin osallistujille, jos ongelman työstäminen tehdään huonosti, on mahdollista, että ryhmä etsii ratkaisua väärään ongelmaan tai ryhmän jäsenet keskittyvät eri ongelmaan. Kun ongelma on saatu tehtyä ryhmälle selväksi ja saatu kirjattua oikein, kysytään, miksi ongelma tapahtui tai tapahtuu. Saadulle vastaukselle toistetaan kysymys miksi, kun päästään tilanteeseen, jossa kysyminen miksi ei tuota hyödyllistä tietoa, on päästy kiinni ongelman juurisyihin. Jos ongelman ratkaisussa törmätään vastukseen, jota organisaatio ei voi kontrolloida on palattava edelliseen vastaukseen. (Serrat, 2017).

Kuvassa 9 on esitetty 5 miksi -menetelmän kulku käyttäen esimerkkinä työntekijän kompastumista. Esimerkissä työntekijä loukkaa nilkkansa kompastuttuaan kulkureitillä olevaan putkeen. Poikkeaman tutkija selvittää, miksi putki oli jätetty kulkureitille ja käy ilmi, että moni henkilö oli havainnut putken olevan kulkureitillä, mutta kukaan ei kokenut vastuukseen siirtää putkea pois. Tutkija alkaa jäl-

leen selvittämään miksi näin oli ja käy ilmi, että organisaatio ei perehdytä työntekijöitään pitämään työmaata siistinä, koska organisaation johto ei ole tiedostanut siisteyden ja järjestyksen tärkeyttä työturvallisuudessa.



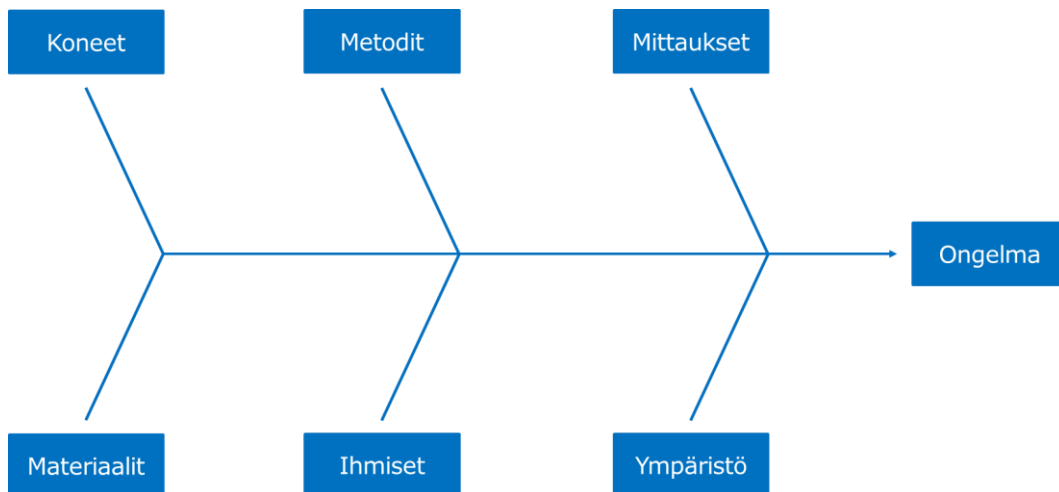
Kuva 9. 5 miksi esimerkki

5 miksi -menetelmä keskittyy vain yhteen osaan ongelmaa kerrallaan eikä ohjaa tekijöitä oikeiden kysymysten ja ratkaisujen ääreen (Serrat, 2017). Esimerkiksi sen sijaan, että työntekijän kompastumistilanteessa tarkastellaan, miksi putki oli kulkureitillä, olisi voitu tarkastella esimerkiksi, miksi työntekijä ei havainnut putkea, jolloin tulokset olisivat olleet hyvin erilaiset. 5 miksi -menetelmän kanssa voidaankin hyödyntää lukuisia muita työkaluja, joilla analyysi saadaan huomioimaan tekijät, jotka eivät intuitiivisesti linkity toisiinsa (Serrat, 2017).

2.4.2 Kalanruotokaavio

Kalanruotokaavio tai Ishikawa diagrammi on Kaoru Ishikawan kehittämä menetelmä, jolla muun muassa edellä mainittua 5 miksi -menetelmää voidaan ohjata oikeiden ratkaisujen ääreen sekä laajentaa käsittelemään ongelmaa useammasta näkökulmasta (Serrat, 2017).

Menetelmässä ongelma kirjataan oikealle "kalanpääksi" ja sen syntyyn vaikuttavat alakategoriat kalanruodon muotoisesti vasemmalle kuvan 10 mukaisesti. Perinteinen laatujohtamiseen tarkoitettu kalanruotokaavio muodostuu kuudesta alakategorista eli ruodosta. Nämä kategoriat ovat mittaukset, materiaalit, henkilöstö, ympäristö, metodit ja koneet. Kalanruotokaaviota voidaan kuitenkin hyödyntää monilla muillakin aloilla uudelleen nimeämällä ruodot tarpeen mukaisesti. (Coghlan & Brydon-Miller, 2014) Tässä tutkimuksessa myöhemmin muokattu kalanruotokaavio on esitelty luvussa 4.2.



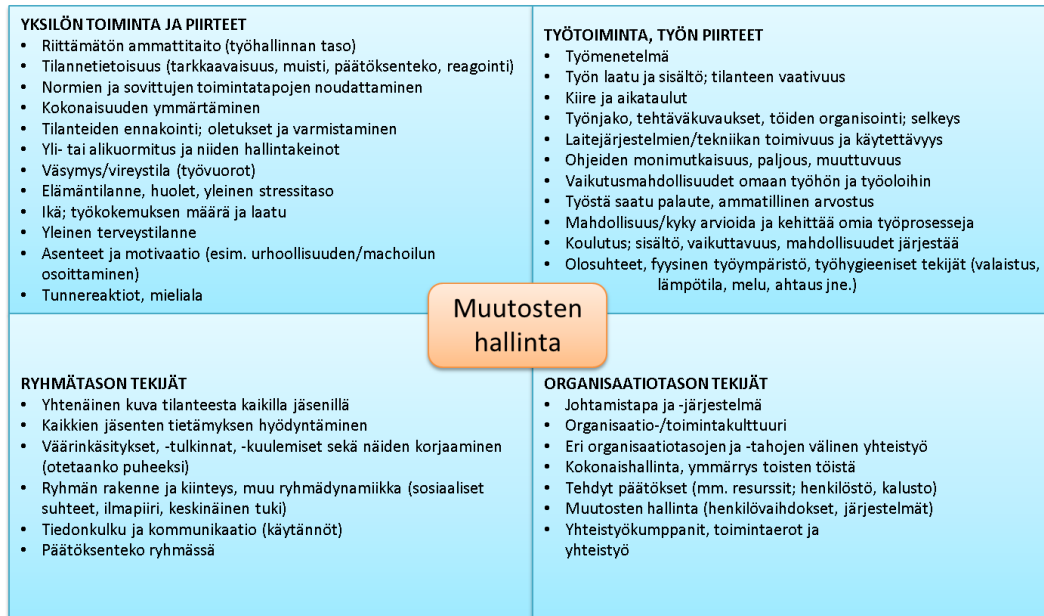
Kuva 10. Laadunjohtamisen kalanruotokaavio

Sen sijaan, että syitä lähdettäisiin etsimään suoraan ongelmasta, niitä etsitään ongelman alakategorioista. Analyysiä suorittava ryhmä käy ensin läpi kaikki ruokojen kategoriat ja tunnistaa niistä tekijät, jotka vaikuttavat ongelman syntyyn. Tämän jälkeen ryhmä suorittaa juurisyyn selvittämisen kuhunkin kategoriaan tunnistetusta tekijästä. (Coghlan & Brydon-Miller, 2014). Ruodoille tunnistetuissa tekijöistä juurisyyn voidaan selvittää käyttämällä 5 miksi -menetelmää kuvan 8 esimerkin mukaisesti (Serrat, 2017).

2.4.3 Tapausanalyysi HF-toolin avulla

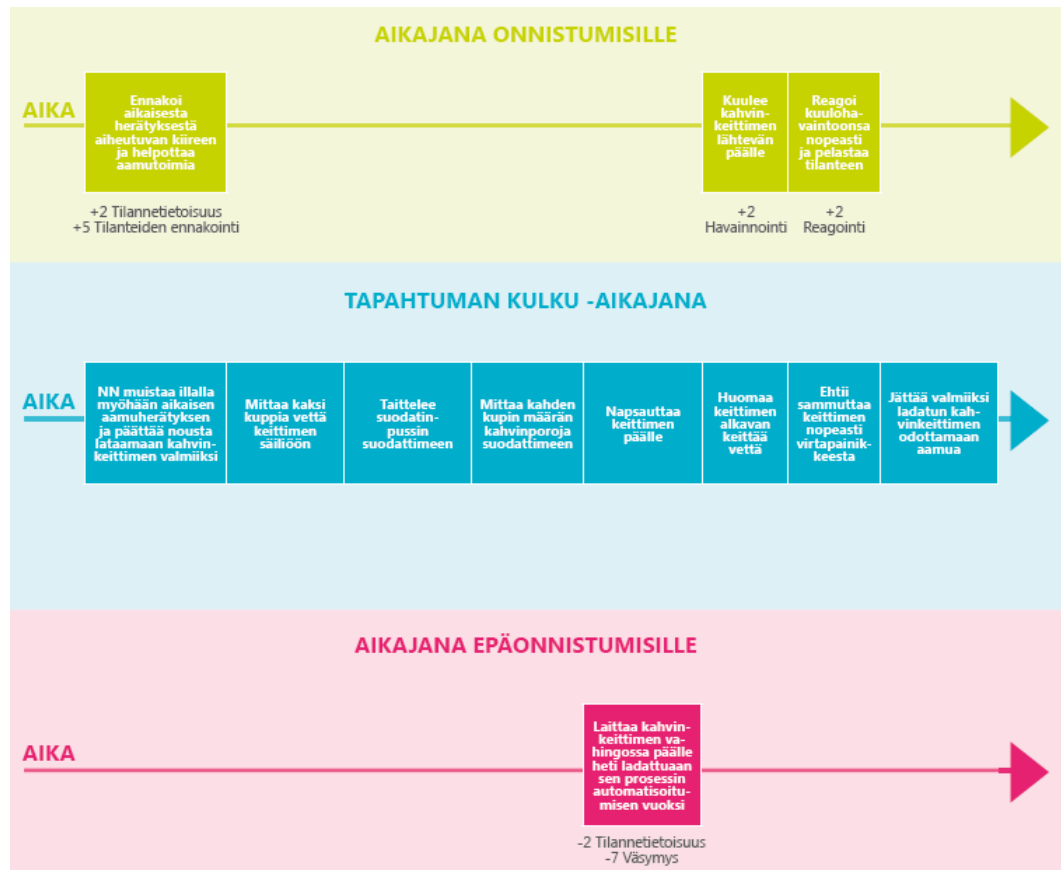
Tapausanalyysi HF-toolin avulla työterveyslaitoksen kehittämä on poikkeamien mallintamismenetelmä, joka pyrkii löytämään poikkeamista tilanteen onnistumiset ja epäonnistumiset ja inhimilliset tekijät niiden taustalta. Mallintaessa hyödynnetään asiasanalistana inhimillisten tekijöiden nelikenttää. (Teperi & Puro, ei vuosilukua)

Inhimillisten tekijöiden nelikenttä on turvallisuusjohtamisen työkalu jatkuvasti muuttuvien tilanteiden hallintaan. Se jakaa tilanteisiin liittyvät inhimilliset tekijät neljään eri osa-alueeseen kuvan 11 mukaisesti. Näissä osa-alueissa on yhteensä 47 tekijää, jotka saattavat olla tilanteissa heikkouksia tai vahvuuksia. Ensimmäinen osa-alue on yksilön toiminta ja piirteet, jossa keskitytään yksilön toimintaan tilanteessa. Kategoriaan kuuluvat muun muassa tilannetietoisuus, stressi ja ammattitaito. Toinen osa-alue on työtoiminta ja työn piirteet, jossa keskitytään työntekijöiden edellytyksiin suorittaa työ. Tähän kategoriaan kuuluvat muun muassa työmenetelmät, koulutus sekä töiden aikataulutus. Kolmas kategoria on ryhmätason tekijät, jossa tarkastellaan yhdessä töitä tekevän ryhmän toimintaa esimerkiksi ryhmän sisäistä kommunikaatiota. Viimeinen kategoria on organisaatiotason tekijät, jossa tarkastellaan organisaation eri osia. Tähän kategoriaan kuuluvat muun muassa johtamisjärjestelmä ja turvallisuus-kulttuuri. (Teperi, 2012, s.44–45)



Kuva 11. Inhimillisten tekijöiden nelikenttä (pohjautuen Teperi, 2012)

Tapausanalyysi HF-toolin avulla suoritetaan kolmessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa poikkeamasta rakennetaan aikajana, jossa kuvataan poikkeaman keskeiset vaiheet. Aikajana alkaa tapahtumaa edeltävistä tapahtumista ja päättyy toimintaan tapahtuman jälkeen. Toisessa vaiheessa muodostetaan alkuperäiselle aikajanelle kaksi rinnakkaista aikajanaa. Ylemmälle, vihreälle aikajanelle tunnistetaan tekijöitä, jotka onnistuivat, oli hoidettu hyvin tai menivät hyvin, tapahtuman eri vaiheissa. Alemmälle, punaiselle aikajanelle tunnistetaan tapahtuman vaiheita, joissa ilmeni heikkouksia ja epäonnistumisia tilanteen hoitamiseen liittyen. Kolmannessa vaiheessa hyödynnetään yllä esitettyä inhimillisten tekijöiden nelikenttää ja tunnistetaan onnistumisten ja epäonnistumisten aikajanoista tekijöitä, jotka vaikuttivat tilanteen taustalla. (Teperi & Puro, ei vuosisilukua) Kuvassa 12 on esitetty esimerkki valmiista tapausanalyysistä HF-toolin avulla.



Kuva 12. Tapausanalyysi HF-toolin avulla (Teperi & Puro, ei vuosilukua)

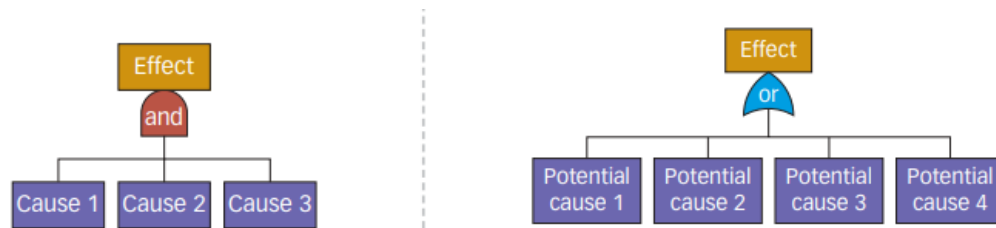
Esimerkissä tarkastellaan kahvinkeitTIMEN lataamiseen liittyvä tapahtumaketju. Henkilö muistaa myöhään illalla joutuvansa heräämään aikaisin aamulla, joten hän päättää ladata kahvinkeitTIMEN valmiiksi säästääkseen aikaa. Ladattuaan kahvinkeitTIMEN hän napsauttaa sen epähuomiossa päälle, mutta havaitsee ja korjaa tilanteen nopeasti. Henkilö on onnistunut ennakoissaan aikaista aamuhätystä ja reagoidessaan nopeasti virheeseensä. Tällöin inhimillisten tekijöiden nelikentästä onnistumisiksi on nostettu tilannetietoisuus, tilanteiden ennakkointi, havainnointi sekä reagointi. Henkilö kuitenkin teki virheen käynnistäessään tottumuksistaan kahvinkeitTIMEN. Tällöin epäonnistumiseksi on nostettu tilannetietoisuus ja väsymys.

2.4.4 Vikapuu

Vikapuu tai syy ja seurauspuu on Bell laboratorioiden 1960-luvulla kehittämä mallintamismenetelmä, joka on käytössä hyvin yleisesti vielä nykyäänkin. Vikaputa käytetään riskienhallinnassa tunnistamaan poikkeamien tekijöitä etukäteen ja poikkeamien tutkinnassa juurisyiden selvittämiseen. Menetelmä kannustaa luonnostaan tutkijoita tunnistamaan useita tekijöitä poikkeaman taustalta. Graafinen malli alkaa tunnetusta tapahtumasta ja katsoo ajassa taakse päin esittämällä poikkeaman aiheuttaneet olosuhteet, tapahtumat ja syyt poikkeaman taustalla. (Rooney et al, 2009)

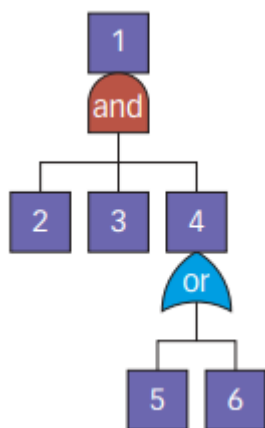
Vikapuu koostuu syistä ja seurauksista, joiden suhteita esitetään porteilla. Portteja on kahdenlaisia: "JA" ja "TAI" portteja. Portin yläpuolella esitetään seuraus ja alapuolella siihen liittyvät syyt. Kuvassa 12 on esitetty "JA" ja "TAI" porttien toiminta. "JA" portti tarkoittaa, että kaikkien syytekijöiden täytyy tapahtua, jotta

seuraus tapahtuu. "Tai" portin tapauksessa yhden syytekijän tapahtuminen aiheuttaa seurauksen. (Rooney et al, 2009)



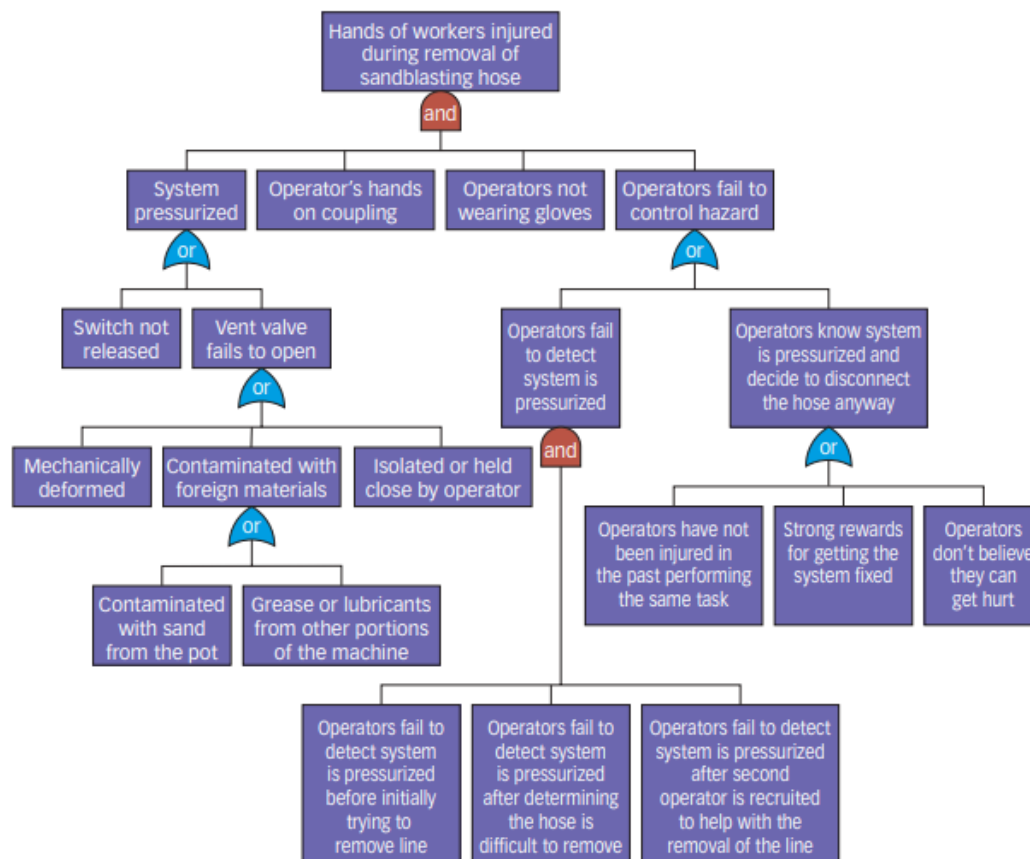
Kuva 13. Vikapuun portit (Rooney et al, 2009)

Kuvassa 14 on esitetty yksinkertainen vikapuun, jossa poikkeama on laatikko 1 ja poikkeamaan välittömästi johtaneet tekijät ovat laatikkoja 2, 3 ja 4. Tekijän 4 taustalla on lisäksi, joko tekijä 5 tai 6. Riippuen mistä kohdasta vikapuuta tarkastellaan yksittäinen tekijä voi olla syy tai seuraus. Esimerkiksi kuvassa 14 esitetyssä vikapuussa laatikko 4 on laatikko 1:n syy ja laatikko 5:n seuraus. (Rooney et al, 2009)



Kuva 14. Vikapuun (Rooney et al, 2009)

Kuvassa 15 on esitetty esimerkki, jossa on tehty vikapuuanalyysi työntekijän käden loukkaantumisesta hiekkapuhallussuuttimen poiston yhteydessä. Työntekijän kädenloukkaantumisiksi 4 asiaa täytyi tapahtua: Hiekkapuhallussysteemin täytyi olla paineistettu, työntekijän käden täytyi olla liittimellä, työntekijällä ei ollut suojakäsineitä ja työntekijän täytyi epäonnistua vaaran tunnistamisessa. Vikapuussa nämä tekijät merkitään poikkeaman alle "JA" portilla. Edelleen systeemin paineistettuna olemisen on vaatinut joko venttiilin aukeamisen epäonnistumisen tai venttiilin kytkimen olemisen kiinni. Vikapuussa nämä tekijät liittyvät systeemin paineistettuna olemiseen "TAI" portilla. Samaa logiikkaa noudattaen on rakennettu koko vikapuun, jonka jälkeen voidaan aloittaa juurisyiden selvittäminen. (Rooney et al, 2009)

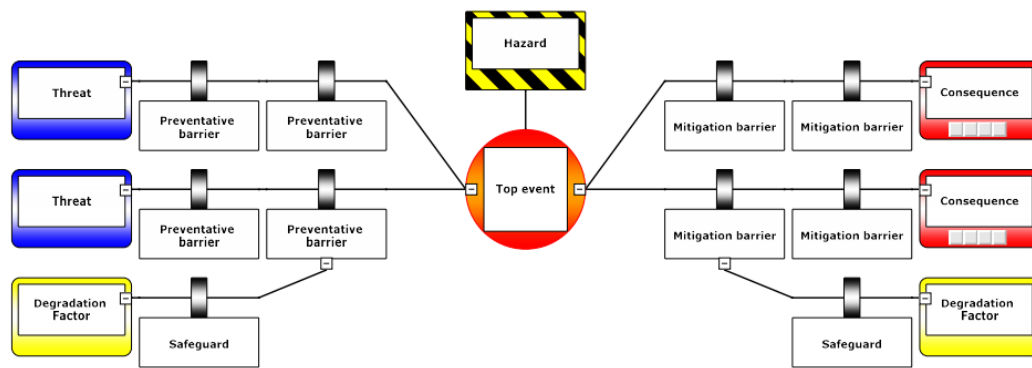


Kuva 15. Hiekkapuhallustapaturman vikapuuanalyysi (Rooney et al, 2009)

Poikkeaman juurisyitä selvittäessä vikapuusta pyritään leikkaamaan tai sulkemaan haaroja sitä mukaan, kun tutkiminnan perusteella saadaan kerättyä dataa. Esimerkiksi yllä esitettyssä vikapuussa tunnistetaan kaksi mahdollisuutta tapahtumalle, jossa työntekijät epäonnistuvat vaaran hallinnassa ja poistavat suuttimen systeemin ollessa paineistettuna: joko työntekijät eivät huomanneet systeemin olevan paineistettu tai työntekijät tiesivät systeemin olevan paineistettu, mutta päättivät poistaa suuttimen siitä huolimatta. Tutkijan täytyy selvittää, kumpi tapaus on tosi ja sulkea vikapuun väärä haara. Väärän haaran sulkemisen jälkeen jatketaan todeksi osoittautuneen haaran tutkimista. (Rooney et al, 2009)

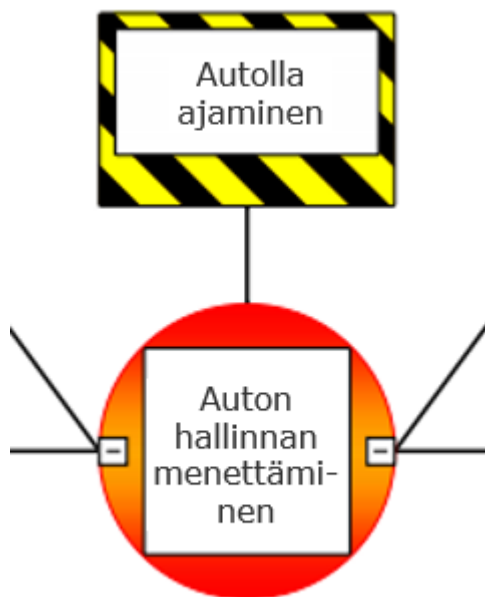
2.4.5 Bowtie ja esteen epäonnistuminen

Bowtie on riskienarviointimenetelmä, joka saa nimensä sen muodostaman graafisen mallin (Kuva 16) ja miehen muodolliseen vaatetukseen kuuluvan rusetin ulkomuodollisesta samankaltaisuudesta. Bowtien tarkka alkuperä on epäselvä, mutta Piper Alpha öljynporauslautalla 1988 tapahtuneen katastrofaalisen onnettomuuden jälkeen Royal Dutch/Shell investoi Bowtie -menetelmän kattavaan tutkimintaan ja lopulta otti menetelmän yleiseksi menetelmäksi riskien arvioimiseen ja hallintaan organisaatiossaan 90-luvun alkupuolella. Shellin toimien jälkeen menetelmä on kasvattanut suosiotaan ja levinnyt myös muille teollisuuden aloille, kuten ilmailuun, kaivosalalle sekä merenkulkuun. (Hurst, 2005)



Kuva 16. Bowtie (Smit, ei vuosilukua)

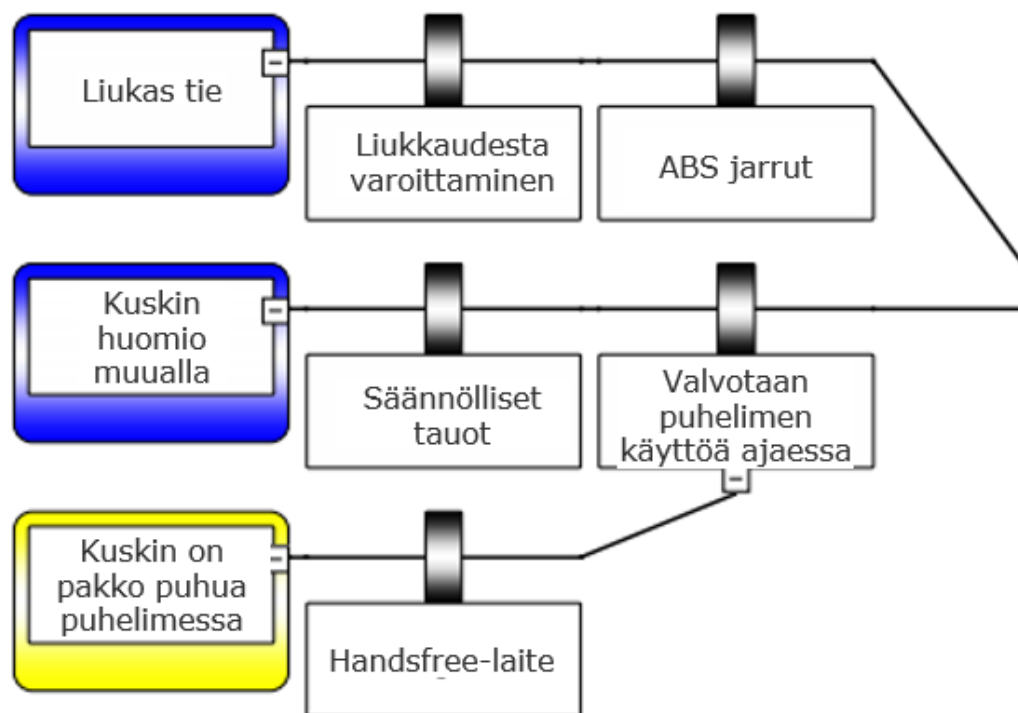
Bowtie kaaviossa keskellä ylhäällä (kuva 17) on tekijä, josta voi koitua vahinkoa (Hurst, 2005). Tämä tekijä voi olla esimerkiksi autolla ajaminen. Tämän tekijän alapuolella on Bowtien kaavion ydin, jossa on tapahtuma, jossa vaaraa aiheuttavan tilanteen hallinta menetetään (Hurst, 2005). Auton ajamistapauksessa tämä tapahtuma olisi auton hallinnan menettäminen.



Kuva 17. Bowtien ydin

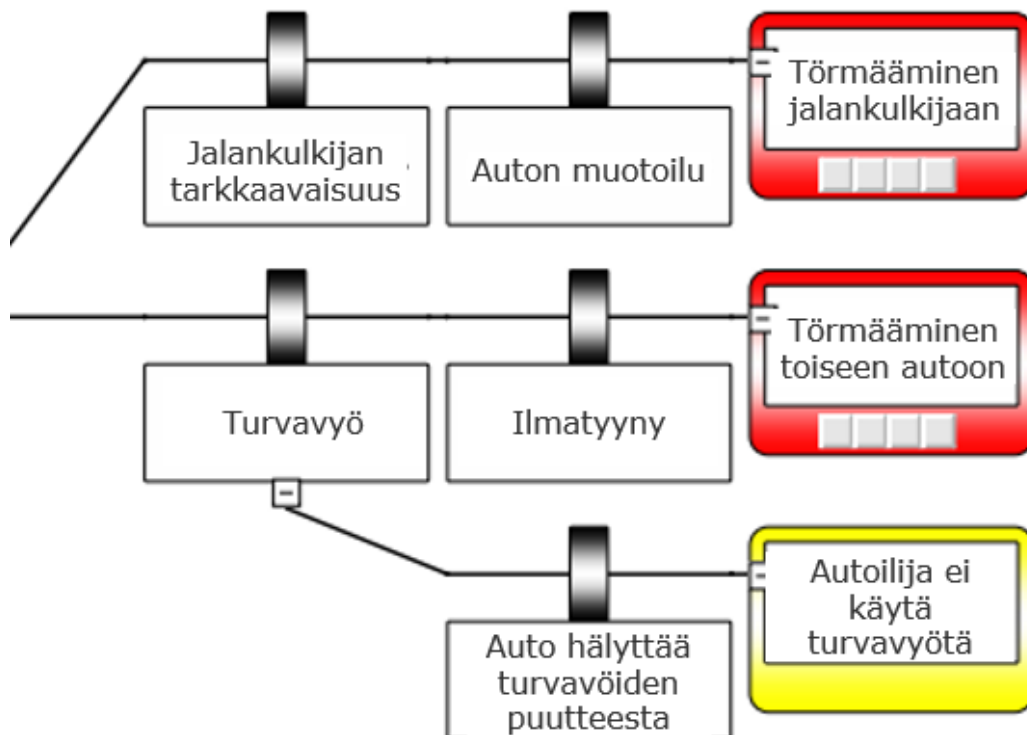
Bowtie-kaavion vasemmassa laidassa (kuva 18) ovat vaaratekijät, jotka aiheuttavat tilanteen hallinnan menettämiseen. Auton ajamisen esimerkissä nämä vaaratekijät saattavat olla muun muassa liukas tie tai kuljettajan huomion kiinnittyminen muihin asioihin kuin ajamiseen. Vaaratekijöitä voi olla huomattavasti enemmän kuin esimerkissä esitetyt kaksi. Tapahtuman hallinnan menettämisen ja vaaratekijän välillä ovat ennalta ehkäisevät esteet. Näiden esteiden tarkoitus on ehkäistä vaaratekijää aiheuttamasta tilanteen hallinnan menettämistä. Esimerkissä liukkaasta tiestä johtuvaa auton hallinnan menettämistä ehkäisevät auton ABS-jarrut sekä auton ajotietokoneen kuskille antama varoitus liukkaudesta. Kuskin keskittymistä ajamiseen taas pyritään parantamaan säännöllisillä

tauoilla ja puhelimen käytön kieltämisellä ajaessa ja kiellon valvomisella. Joihinkin esteisiin saattaa liittyä eskaloivia tekijöitä, jotka heikentävät esteen toimimista. Nämä tekijät on esitetty kyseisestä esteestä lähtevänä vaaratekijänä, joilla on myös oma tai useampi este. Esimerkissä kuskilla on pakottava tarve puhua puhelimessa kiellostä ja valvonnasta huolimatta, joka heikentää esteen toimimista. Puhumisesta voidaan kuitenkin tehdä turvallista handsfree -laitteen avulla. (Hurst, 2005)



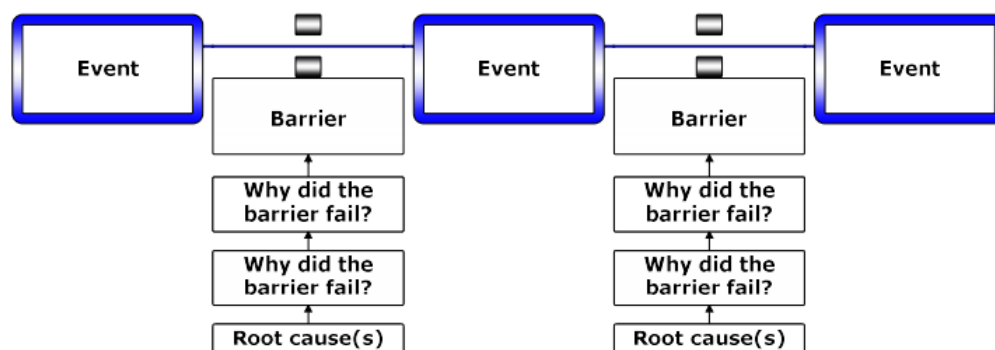
Kuva 18. Bowtien vasen laita

Kaavion oikeassa laidassa (kuva 19) ovat kaavion keskustassa olevan hallinnan menettämisen seuraukset. Esimerkissä auton hallinnan menetyksestä voi seurata törmäys jalankulkijaan tai törmäminen toiseen autoon. Vastaavasti kuten kaavion vasemmalla puolella myös seurauksille on asetettu seurauksia rajoittavia esteitä. Tilanteessa, jossa kuski menettää autonsa hallinnan jalankulkija voi havaita tilanteen ajoissa ja pelastautua törmäykseltä. Törmäyksen sattuessa taas hyvällä auton muotoilulla voidaan lieventää jalankulkijalle aiheutuvia vahinkoja. Törmätessä toiseen autoon kuskille syntyviä vahinkoja voidaan lieventää turvavyön käytöllä ja ilmatyynyllä. Seurauksia ehkäisevillä esteillä voi ennaltaehkäisevien esteiden tapaan olla eskaloivia tekijöitä kuten esimerkiksi autoilija saattaa jättää käyttämättä turvavyötä. (Hurst, 2005)



Kuva 19. Bowtien oikea laita

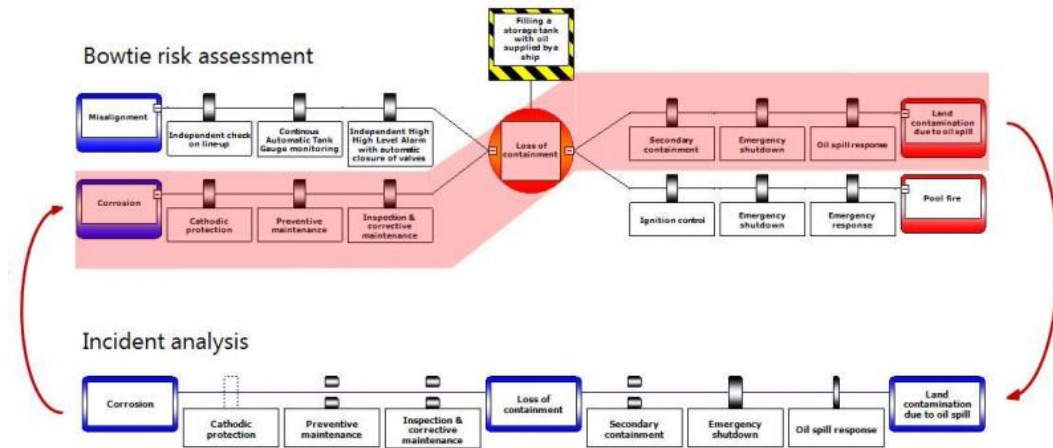
Jos esteet toimivat, poikkeamaa ei synny. Poikkeaman syntyminen tarkoittaa, että yksi tai useampi este ei toiminut, ei ollut paikallaan, ei ollut sopiva vaaratekijän eliminoiseen tai oli epäluotettava. Bowtieta voidaan hyödyntää poikkeamien analysoinnissa tarkastelemalla Bowtiessa olevien esteiden toimintaa poikkeaman aikana. Tämä idea on esitetty kuvassa 20. (Smit, ei vuosilukua)



Kuva 20. Bowtiehin perustuva esteen epäonnistumisen analysointi (Smit, ei vuosilukua)

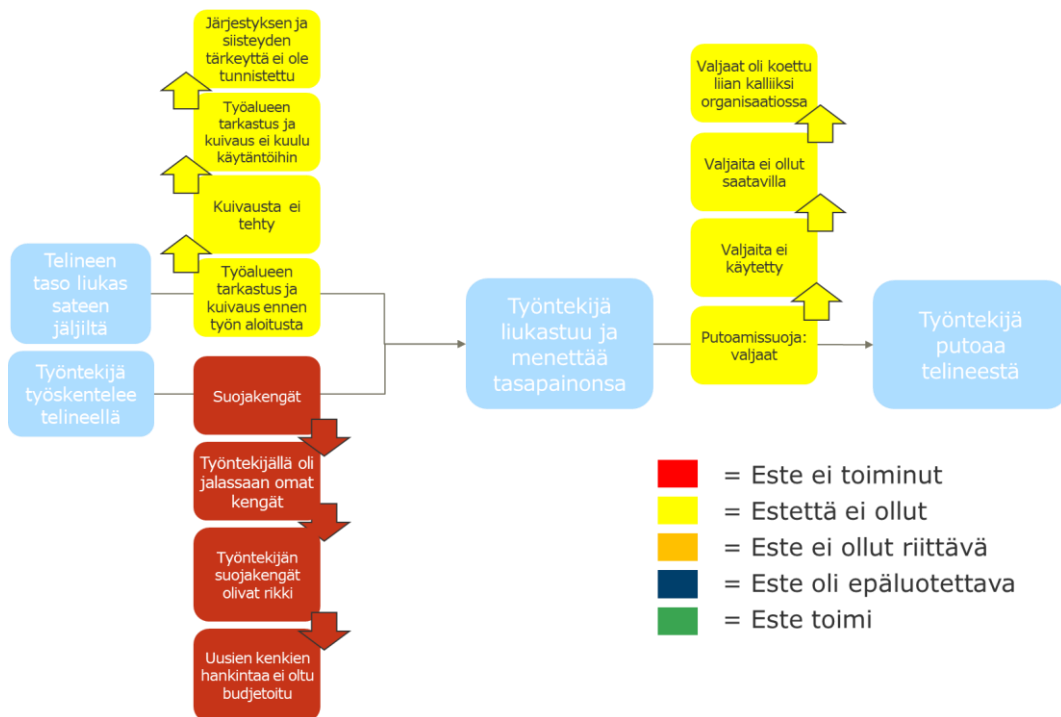
Perinteisissä mallintamismenetelmissä keskitytään esittämään mitä poikkeaman syntymisen aikana tapahtui, kun taas Bowtiehin perustuvassa esteiden epäonnistumisen tarkastelussa pyritään selvittämään, mitä organisaation

täytyi tehdä tapahtuman ehkäisemiseksi ja miksi se epäonnistui siinä. Poikkeaman tutkimuksessa Bowtie -mallista rakennetaan ketjut, jotka olivat läsnä poikkeaman syntymässä, kuten kuvassa 21 esitetyllä öljyvuodon Bowtie -mallille on tehty. (Smit, ei vuosilukua)



Kuva 21. Bowtien käyttö poikkeaman tutkimuksessa (Smit, ei vuosilukua)

Esteitä merkitään niiden toiminnan mukaan eri tavalla. (Smit, ei vuosilukua) Seuraavassa esimerkissä kuvassa 22 on esitetty esteen epäonnistumisanalyysi työntekijän putoamiselle telineeltä.



Kuva 22. Työntekijän putoaminen telineeltä

Esimerkissä työntekijä aloittaa työnteon telineellä, mutta koska teline on liukas sateen jäljiltä ja hänellä on jalassaan väärät kengät, työntekijä liukastuu ja menettää tasapainonsa. Tasapainon menetys johtaa hänen putoamiseen telineeltä. Esimerkissä työntekijän liukastuminen on Bowtien tapahtuma, jossa hallinta menetetään. Työntekijän putoaminen telineestä on seuraus hallinnan menettämisestä ja telineen liukkaus sekä telineellä työskentely ovat bowtien

vaaratekijät. Liukastumiselta olisi välttytty, jos työntekijällä olisi ollut jalassaan kunnolliset kengät tai telineen taso olisi kuivattu ennen työn aloitusta. Nämä ovat ennaltaehkäiseviä esteitä. Työntekijän liukastuttua hän ei olisi pudonnut maahan, jos hänellä olisi ollut käytössään putoamissuojain. Poikkeaman tutkinnassa selvitettiin, miksi nämä esteet epäonnistuivat.

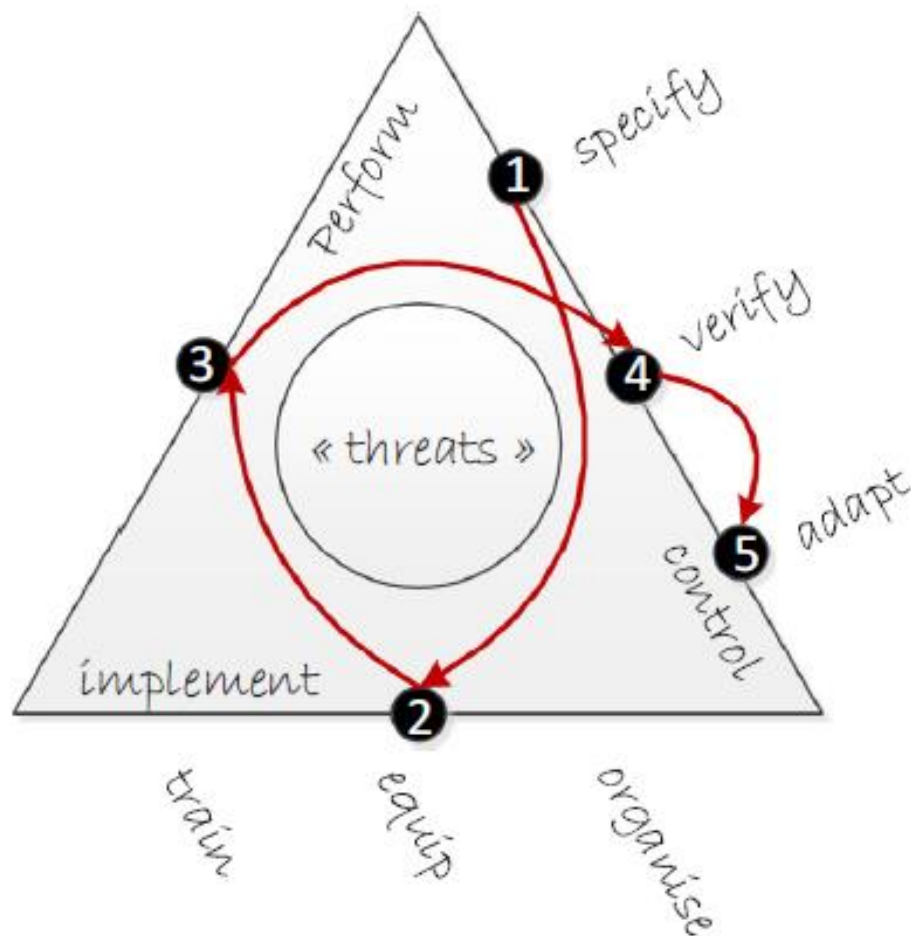
2.4.6 The Safety Fractal Analysis

The Safety Fractal Analysis eli SAFRAN on ERA:n Bart Accoun ja Genserik Reniersin kehittämä poikkeamien analyysimenetelmä, joka perustuu turvallisuusjohtamisen turvallisuuskolmioon.

Turvallisuuskolmio koostuu viidestä askelesta, joita seuraamalla voidaan varmistaa aktiviteetin suorittaminen hallitusti. Askeleet toimivat seuraavasti:

1. Määrittele: Työn laajuus ja tavoitteet määritellään, ihmisten roolit ja vastuut tunnistetaan, työn vaarat tunnistetaan ja riskien hallintamenetelmät suunnitellaan.
2. Toteuta – Kouluta, varusta ja organiso: Työ suunnitellaan yksityiskohtaisesti, varmistetaan työhön osallistuvien ihmisten ammattitaito ja varmistetaan sopivien työkalujen ja muiden teknisten resurssien saatavuus ja toiminta.
3. Suorita: Suunniteltu työ tehdään vastaten oikean tilanteen rajoitteisiin ja häiriötekijöihin.
4. Varmista: Tarkkaillaan aktiviteetin suoritusta varmistaen suunnitellun ja tapahtuvan työn yhdenmukaisuus sekä tunnistetaan tekijöitä, jotka saattaisivat vaikuttaa tähän.
5. Mukauta: Kun tiedetään, miten suunniteltu työ toimii todellisuudessa, määritellään ja otetaan käyttöön sopivat muutokset ja lisäykset aiemmin määriteltuihin riskien hallintakeinoihin. (Accou & Reniers, 2019)

Turvallisuuskolmio muodostuu, kun nämä askeleet asetetaan kolmioon niiden tavoitteiden mukaan. Kolmiossa vasen laita edustaa kaikkien työhön osallistuvien komponenttien toimimista oikeassa tilanteessa. Pohjalla kolmiossa on prosessin toimeenpanon osat, joiden tehtävänä on tarjota resurssit ja keinot prosessin oikeaan toimimiseen. Kolmion oikeanpuoleisessa osassa on prosessin kontrollointiin liittyvät osat, joiden tehtävä on varmistaa riittävä riskienhallinta. Kolmion keskusta edustaa vaaratekijöitä, joita vältetään siirtyessä askeleelta askeleelle. Nuolilla merkitään loogista siirtymää askeleiden välillä. Näin muodostuva kolmio on esitetty kuvassa 23. (Accou & Reniers, 2019)

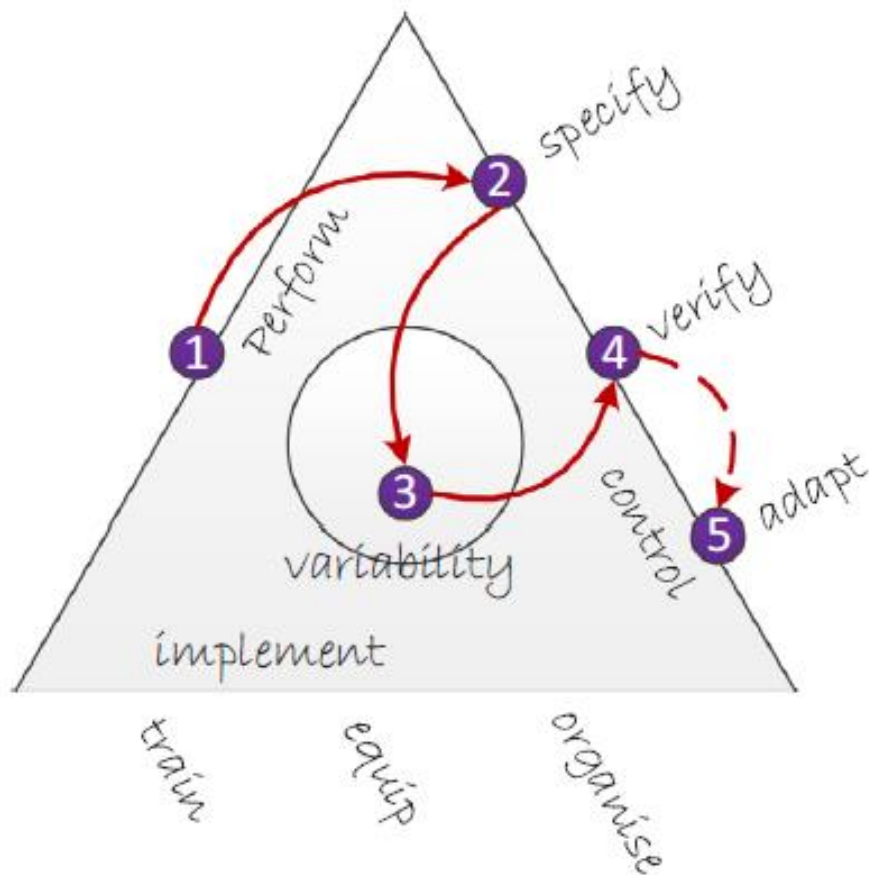


Kuva 23. The Safety Fractal (Accou & Reniers, 2019)

SAFRAN menetelmässä tapahtunutta poikkeamaa tarkastellaan yllä esitetyn kolmion mukaisesti viidessä askeleessa:

1. Kriittinen toiminta: Tunnistetaan toiminta, jossa poikkeama ilmeni.
2. Odotettu toiminta: Tunnistetaan, miten kohdassa yksi huomattu toiminta on määritelty suunnitelmissa ja ohjeissa
3. Poikkeaman aiheuttaja: Tunnistetaan tekijät, jotka aiheuttivat poikkeaman.
4. Poikkeaman seuranta: Selvitetään, tunnistaako, valvooko ja tiedottaako vastuullinen organisaatio poikkeaman aiheuttanutta tekijää.
5. Oppiminen: Selvitetään oppiiko organisaatio tunnistetusta kriittisestä vaihtelevuudesta. (Accou & Reniers, 2019)

Asettamalla nämä askeleet turvallisuuskolmioon voidaan esittää yksi SAFRAN analyysin iteraatio kuvan 24 mukaisesti.



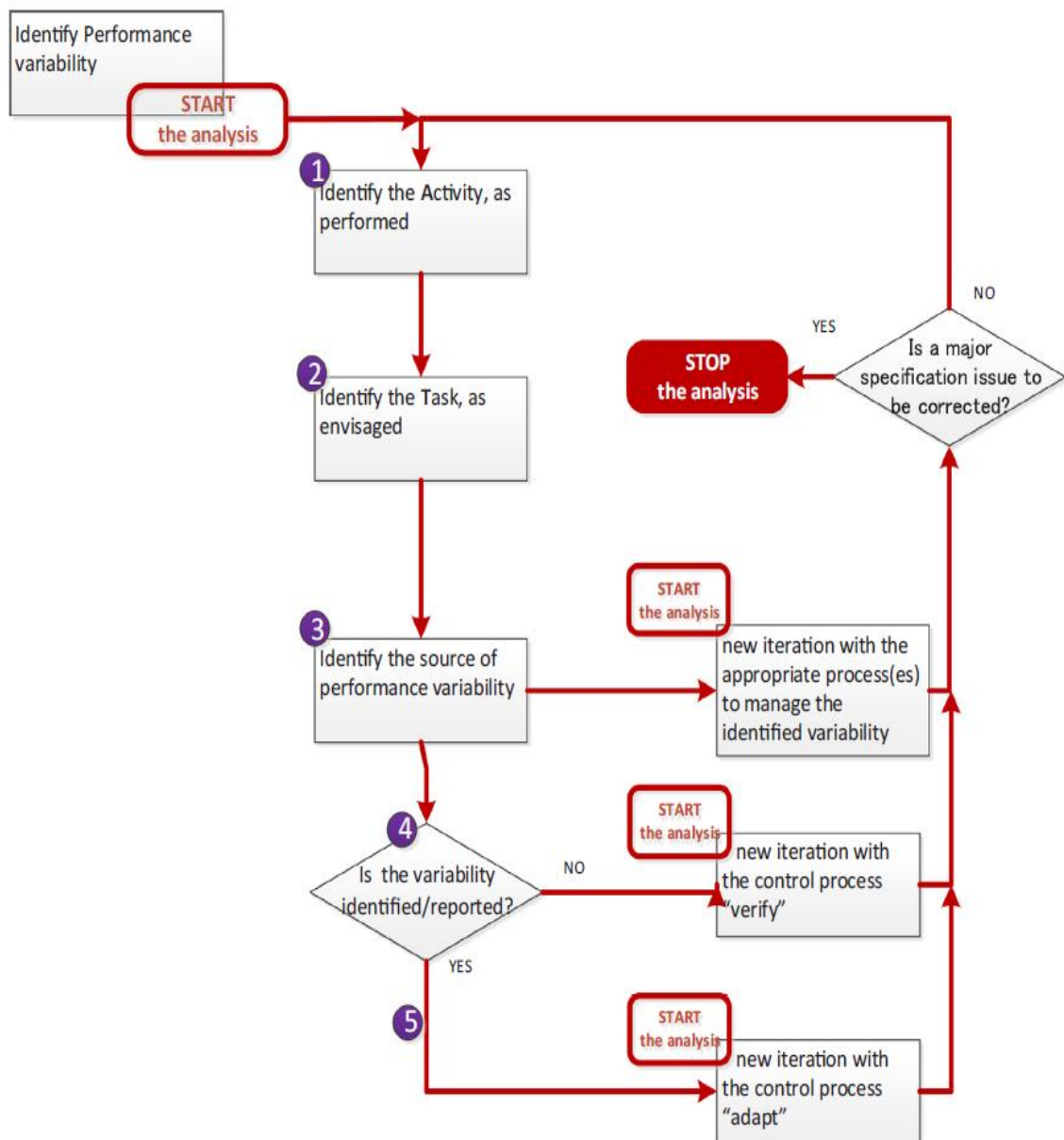
Kuva 24. The Safety Fractal Analysis, SAFRAN (Accou & Reniers, 2019)

SAFRAN analyysi aloitetaan tunnistamalla poikkeama. Tämän jälkeen siirrytään askeleeseen yksi eli tunnistamaan toiminta, kuten se tehtiin tilanteessa, jossa poikkeama syntyi. Seuraavaksi siirrytään askeleeseen kaksi eli tunnistamaan toiminta niin kuin sen piti tapahtua suunnitelmissa. Kolmannessa vaiheessa tunnistetaan tekijä, joka aiheutti poikkeaman.

Kolmannen vaiheen jälkeen analyysi hajautuu. Ensin tunnistetusta syystä siirrytään askeleeseen 4 eli tarkastelemaan tunnistaako, valvooko ja tiedottaako vastuullinen organisaatio poikkeaman aiheuttanutta tekijää. Toiseksi askeleen kolme jälkeen aloitetaan myös uusi SAFRAN iteraatio prosessille, jonka tarkoitus on hallita tunnistettua tekijää.

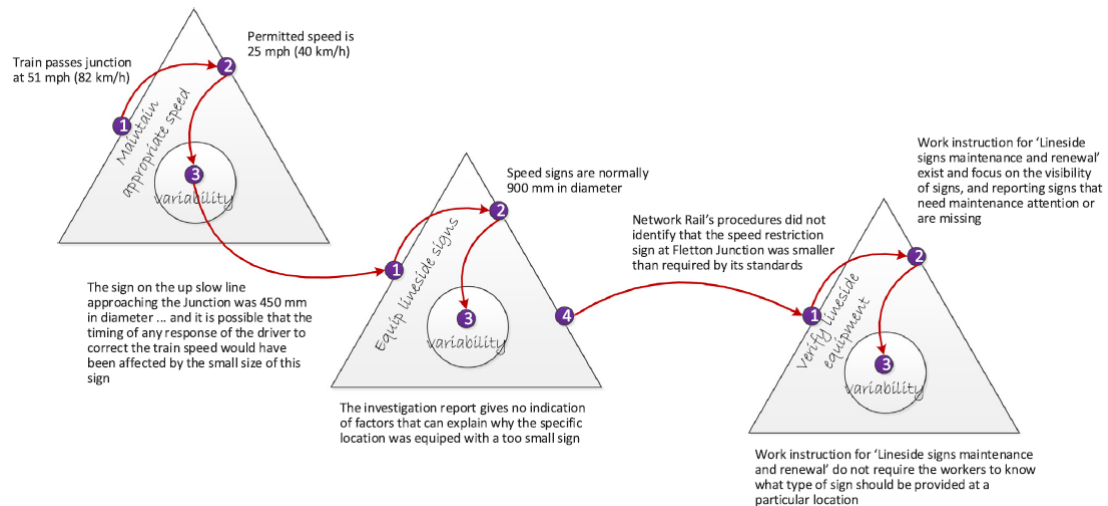
Neljännessä vaiheessa analyysi hajautuu jälleen jatkuen askeleeseen 5 eli uuteen iteraatioon prosessille, jonka tarkoitus on varmistaa, että organisaatio oppii poikkeamasta.

Viidennessä vaiheessa tehdään uusi SAFRAN iteraatio prosessille, jonka tarkoitus on hyödyntää poikkeamista saatua tietoa käytännössä. SAFRAN mallinnuksen kulku on esitetty kuvassa 25. (Accou & Reniers, 2019)



Kuva 25. SAFRAN analyysin suorittaminen (Accou & Reniers, 2019)

Kuvassa 26 on esitetty SAFRAN menetelmän yksi iteraatio käyttäen esimerkkinä junan ylinopeutta. Esimerkissä juna ajaa 82 km/h alueella, jossa nopeusrajoitus on 40 km/h.



Kuva 26. SAFRAN analyysin graafinen esitys (Accou & Reniers, 2019)

Tutkittaessa huomataan, että junan kuljettaja ei ollut huomannut nopeusrajoituksesta kertovaa kylttiä, koska kyltti on liian pieni. Tutkijat alkavat tutkimaan, miksi kohteeseen oli asennettu liian pieni kyltti. Huomattiin, että organisaatio ei ollut tietoinen kohteessa olevan kyltin puutteista. Tämän jälkeen huomattiin, että organisaatiolla on ohjeistus kylttien huoltoon ja uudistamiseen sekä ylläpitöjärjestelmä huoltoa tarvitsevista tai puuttuvista kylteistä. Ohjeita tutkiessa kuitenkin huomattiin, että kylttien huolto- ja uudistusohje ei vaadi, että työtekijät tietäisivät millainen kyltti kohteessa olisi tullut olla. (Accou & Reniers, 2019)

3 Tutkimuksen toteuttaminen

Tutkimuksen tavoite oli kartoittaa vaihtoehtoisia menetelmiä juurisyyketjujen mallintamiseen ja valita niistä rautatietoihin parhaiten sopiva menetelmä. Mallintamismenetelmää koskevat vaatimukset ovat luonteeltaan laadullisia, jolloin tutkimuskysymyksiin voidaan vastata parhaiten laadulliseen tutkimukseen liitettyillä menetelmillä kuten haastatteluilla ja havainnoinnilla. Tämän vuoksi tutkimus metodologiaksi valittiin laadullinen tutkimus. Luonteeltaan tutkimus on kartoittava tutkimus.

Laadullisessa tutkimuksessa pyritään saamaan kokonaisvaltainen tai syvempi käsitys ilmiöstä tarkastelemalla ilmiötä henkilöiden ilmiöön liittyvien näkökulmien ja kokemusten kautta ja perehtymällä henkilöiden ilmiöön liittyviin ajatuksiin. Laadulliselle tutkimukselle tyypillistä on, että tutkimus on kokonaisvaltaista tiedon hankintaa ja tieto hankitaan tutkimukselle luonnollisessa ympäristössä. Tieto hankitaan tarkoituksen mukaisesti valitusta kohdejoukosta, jolloin tutkittavia yksiköitä valitaan rajattu määrä ja niitä tutkitaan perusteellisesti. Tutkimussuunnitelma saattaa muuttua tutkimuksen edetessä vastatakseen muuttuviin tarpeisiin. (Hirsjärvi et al. 2009. s.164)

Kartoittava tutkimus selvittää vähän tunnettuja ilmiötä, kartoittaa ilmiöön liittyvää kirjallisuutta ja sen sisältöä tai etsii uusia näkökulmia tai ilmiötä. Kartoitavassa tutkimuksessa myös kehitetään hypoteeseja ja tutkitaan miten tietyt olosuhteet vaikuttavat ilmiöihin. (Hirsjärvi et al. 2009. s. 138-139)

Tutkimus koostuu neljästä osatehtävästä. Taulukossa 3 on esitetty tutkimuksen neljä osatehtävää ja kutakin osatehtävää vastaava tutkimusmenetelmä. Osatehtävät toteutettiin taulukon 3 osoittamassa järjestyksessä.

Taulukko 3.Osatehtävät ja tutkimusmenetelmät

Osatehtävän numero	Osatehtävä	Tutkimusmenetelmä
1	Kriteerien määrittäminen mallintamismenetelmälle	Haastattelut
2	Kriteerejä vastaavien mallinnusmenetelmien etsintä	Kirjallisuustutkimus
3	Mallintamismenetelmien testaus	Havaintojen kerääminen mallintamismenetelmien käytöstä
4	Parhaiden mallintamismenetelmien valitseminen ja jatkotoimenpiteiden määrittäminen	Ohjausryhmän kokoukset

3.1 Rautatieturvallisuuden asiantuntijoiden haastattelut

Ensimmäisen osatehtävän tavoite oli selvittää, mitä kriteerejä rautatietoinnot asettavat mallintamismenetelmän valinnalle. Tämä tehtiin haastattelemalla turvallisuuden asiantuntijoita eri rautatietoihin organisaatiosta. Haastatteluja tehtiin yhteensä 9 kappaletta. Haastateltuja organisaatioita olivat ERA, Väylävirasto, Traficom, VR Group, Finrail sekä Otke. Haastattelut toteutettiin

Skypen välityksellä puolistrukturoituina haastatteluina, joissa keskusteltiin tutkijan asettamasta aiheesta. Haastatteluiden tueksi luotiin lista kysymyksistä ja keskustelun aiheista. Puolistrukturoidut haastattelut valittiin, jotta keskusteluissa saataisiin useita näkökulmia ja pohdintaa erityisesti tutkimuksen lopputuloksen kannalta.

Haastatteluissa selvitettiin keskustelemalla:

- Miten poikkeamia analysoidaan nykyisin rautatietoinnissa?
- Missä onnistutaan ja missä on kehitettävää poikkeamien analysoinnissa?
- Mitkä ovat suurimmat haasteet juurisyiden tunnistamisessa
- Millaisia kokemuksia haastateltavalla on juurisyysketjujen mallintamisesta?
- Millaista tietoa mallinnuksen tulisi tuottaa, jotta sitä voitaisiin hyödyntää rautatietojärjestelmien turvallisuusjohtamisen kehittämisessä?
- Mitä menetelmän käyttöönotto vaatisi?

Haastatteluista tehtiin yhteenveto, johon kirjattiin esiin nousseet oleelliset asiat juurisyiden mallintamiseen ja poikkeamien käsittelyyn liittyen. Osatehtävän tulokset on esitetty luvussa 4.1.

3.2 Kirjallisuustutkimus

Toisessa osatehtävässä etsittiin haastatteluiden perusteella asetettuihin kriteereihin soveltuvia mallintamismenetelmiä. Mallintamismenetelmiä etsittiin kirjallisuudesta. Kirjallisuuden perusteella suoritettiin myös alustava rajausten menetelmä, jotka valittiin tarkempaan tutkintaan.

Menetelmien etsimisessä kirjallisina lähteinä toimivat turvallisuustekniikkaan ja riskienhallintaan liittyvät tieteelliset julkaisut, sekä alalla toimivien organisaatioiden julkaisut sekä kansainväliset onnettomuustutkintaraportit. Menetelmiä löydettiin muun muassa ABS Consultingin Root Cause Analysis Handbook: A Guide to Efficient and Effective Incident Investigation -kirjasta, US Department Of Energy (DOE) raporteista, Bart Accoun ja Genserik Reniersin artikkelista sekä Tukesin julkaisemasta ja Snorre Skletin kirjoittamasta Onnettomuustutkimuksen menetelmiä -dokumentista. Kirjallisuuslähteistä etsittiin menetelmien lisäksi ohjeita ja kokemuksia menetelmien käyttöön.

3.3 Mallintamismenetelmien testaaminen

Kolmannessa osatehtävässä testattiin etsittyjen menetelmien soveltuvuutta rautatietojärjestelmien turvallisuuspoikkeamien mallintamiseen. Mallintamismenetelmiä arviointiin perustuen tutkijan kokemuksiin ja havaintoihin menetelmän käytöstä sekä turvallisuuspoikkeamien mallintamistyöpajan tuloksiin ja palautteeseen. Mallintamismenetelmiä testatessa ja arvioitaessa niitä verrattiin haastattelujen perusteella asetettuihin kriteereihin. Ohjausryhmän kokouksessa päätettiin, että löydettyistä menetelmistä kolmea testataan turvallisuuspoikkeamien mallintamistyöpajassa. Kolme menetelmää koettiin määräksi, joka

voidaan työpajaan varatun ajan ja kutsutun henkilömäärän puitteissa suorittaa järkevästi.

Mallinnusmenetelmien arviointia varten Väylävirastosta toimitettiin tutkijalle mallipoikkeama, jolla menetelmiä testattiin. Poikkeamasta toimitettiin aluksi vain perustietoja, joilla tutkija rakensi mallinnusmenetelmillä mallin niin pitkälle kuin tietojen perusteella oli mahdollista. Kun mallinnukset jokaisella menetelmällä oli saatu niin pitkälle kuin annetuilla lähtötiedoilla oli mahdollista, keskusteltiin Väyläviraston edustajan kanssa poikkeaman lisätiedoista ja juurisyistä, jonka jälkeen mallinnus viimeisteltiin. Tällä simuloitiin oikeaa tilannetta, jossa mallinnusta tehdään poikkeamatutkinnan ohella, jotta nähtiin ohjaako mallintaminen oikeiden kysymysten äärelle juurisyiden selvittämiseksi. Tarpeen vaatiessa menetelmiin tehtiin muutoksia, jotta ne saatiin vastaamaan turvallisuuspoikkeamien mallintamisen vaatimuksia. Poikkeaman mallinnuksesta saadun kokemuksen perusteella tutkija teki turvallisuuspoikkeamien mallintamistyöpajaan valittavista menetelmistä ehdotuksen, joka hyväksyttiin ohjausryhmän kokouksessa.

Turvallisuuspoikkeamien mallintamistyöpajaan kutsuttiin suomalaisten rautatiealan organisaatioiden turvallisuuden parissa työskenteleviä henkilöitä. Työpajaan kutsuttavien henkilöiden valinnassa pyrittiin varmistamaan, että mahdollisimman moni rautatieympäristössä toimiva organisaatio on edustettuna. Yhteensä työpajaan osallistui 14 henkilöä. Edustettuja organisaatioita olivat Väylävirasto, Traficom, Finrail, VR, Destia, GRK, Fenniarail sekä NRCgroup. Aikaa työpajaan varattiin kolme tuntia, joista kaksi tuntia mallinuksen tekoon ja palautteen läpikäymiseen.

Työpajan päätavoitteena oli menetelmien vertailla sinne valittuja kolmea menetelmää. Menetelmistä haluttiin saada tietää:

- Miten hyvin osallistujat pystyvät omaksumaan menetelmän työpajassa annetulla ohjeistuksella?
- Millaisiin tuloksiin kullakin menetelmällä päästään?
- Kuinka havainnollistava valmis graafinen malli on?
- Miten osallistujat kokivat menetelmän käytön?

Lisäksi työpajan avulla haluttiin saada tietoa poikkeamien juurisyysketjujen mallintamisen käytännöllisyydestä sekä resurssi- ja osaamisvaatimuksista luotettavien tulosten saamiseksi. Työpajassa pyrittiin myös synnyttämään keskustelua ja ideoita juurisyysketjujen mallintamiseen liittyen.

Turvallisuuspoikkeamien mallintamistyöpajassa osallistujille annettiin aluksi lyhyt perehdytys tutkimukseen, työpajan sisältöön ja turvallisuuspoikkeamien tutkimiseen. Seuraavaksi esiteltiin ryhmät ja kunkin ryhmän käyttämä mallinnusmenetelmä. Tämän jälkeen työpajan osallistujat jakautuivat heille ilmoitettuihin ryhmiin ja heille tarjottiin perustiedot poikkeamasta, joka heidän oli tarkoitus mallintaa. Mallinnus suoritettiin kirjaamalla asiat post-it lapuille ja liimaamalla post-it-laput ryhmille tarjottuun A0 kokoiseen paperipohjaan.

Pilottipoikkeama oli jo ennakoon tutkittu poikkeama ja sen toimitti työpajaan Väylävirasto. Ryhmille ei annettu välittömästi kaikkea tietoa poikkeamasta vaan haluttiin, että ryhmät aloittavat mallinnuksen perustiedoilla ja kysyvät työpajassa olleelta Väyläviraston edustajalta lisää tietoa poikkeamasta mallinnuksen edetessä. Tällä pyrittiin jälleen simuloimaan ennestään tuntemattoman poikkeaman tutkimista ja nähdä ohjaako mallinnusmenetelmä työpajan osallistujia kysymään Väyläviraston edustajalta oikeita kysymyksiä poikkeaman juurisyiden selvittämiseksi. Jokainen ryhmä mallinsi samaa poikkeamaa. Näin varmistettiin, että eri mallinnusmenetelmillä saadut tulokset olivat vertailtavissa keskenään.

Ajan loputtua ryhmät valitsivat keskuudestaan henkilön esittelemään ryhmän rakentaman graafisen mallin sekä kertomaan ryhmän aikaansaamat tulokset. Tuloksia esittäessään ryhmät toivat esiin poikkeaman taustalta löytämänsä juurisyyn sekä niihin johtaneet juurisyysketjut. Esitettyään tulokset ryhmät antoivat palautteen käyttämästään menetelmästä ja tilaisuudesta. Arvioinnin tulokset on esitetty luvussa 4.2.

3.4 Mallintamismenetelmän valitseminen

Neljännessä vaiheessa muodostettiin Väylävirastolle suositus käytettävistä mallinnusmenetelmistä, niihin liittyvästä toimintamallista sekä muista toimenpiteistä. Suositus esitettiin ja hyväksyttiin ohjausryhmän kokouksessa.

Suositus muodostettiin vertaamalla tutkijan ja turvallisuuspoikkeamien mallintamistyöpajan osallistujien kokemuksia mallintamismenetelmien käytöstä haastatteluissa asetettuihin kriteereihin. Kerättyjä kokemuksia peilattiin kriteereihin ja kriteerejä parhaiten vastanneita menetelmiä suositeltiin.

4 Tulokset

Tulokset esitellään osatehtävien mukaisessa järjestyksessä. Ensin esitellään haastatteluiden tulokset, joiden perusteella muodostettiin kriteerit mallintamismenetelmälle. Kirjallisuustutkimuksen tuloksissa on esitelty jatkotutkimuksiin valitut mallintamismenetelmät. Mallintamismenetelmien arviointi on jaettu tutkijan koepoikkeaman mallinnuksesta kerättyihin havaintoihin ja työpajasta kerättyihin havaintoihin, joista on tehty yhteenveto. Lopuksi esitellään arvioinnin perusteella parhaiten kriteereihin soveltuvat mallit.

4.1 Rautatieturvallisuuden asiantuntijoiden haastattelut

Rautatieturvallisuuden asiantuntijoiden haastatteluiden perusteella asetettiin kriteerit mallintamismenetelmälle. Haastatteluissa ilmeni kaksi erilaista tilannetta, jossa mallintamismenetelmää voitaisiin hyödyntää. Ensimmäisen mallintamismenetelmän tulisi olla tilastoitavaa tietoa tuottava menetelmä, jota voitaisiin tarjota työkaluksi esimerkiksi urakoitsijoille turvallisuuspoikkeamien mallintamiseen. Tämän menetelmän käyttö tulisi olla nopeasti opeteltavissa. Sillä suoritettavan mallinnuksen tulisi olla nopea toteuttaa ja vaatia vähän resursseja. Toinen menetelmä tulisi olla tapaustutkimukseen soveltuva yksityiskohtaista tietoa poikkeaman juurisyistä tuottava menetelmä. Tämän menetelmän käytölle ei haastatteluissa osattu asettaa yhtä tarkkoja kriteerejä, mutta menetelmän tulisi ohjata tutkijaa tunnistamaan poikkeaman taustalla olevat turvallisuusjohtamisjärjestelmän ja -kulttuurin ongelmat perusteellisesti. Molempien menetelmien tuloksen tulisi olla helposti kommunikoitavissa myös henkilöille, jotka eivät tunne mallintamismenetelmää.

Haastateltavat olivat yksimielisiä, että rautatietoiminnoissa tapahtuvien turvallisuuspoikkeamien juurisyiden tunnistamisessa on Suomessa ja läpi Euroopan kehittävää. Keskeisenä ongelmana juurisyiden tunnistamisessa on inhimillisten tekijöiden ja ne mahdollistavien turvallisuusjohtamisjärjestelmän ja -kulttuurin puutteiden tunnistaminen. Tekniset ja ympäristöön liittyvät tekijät tunnistetaan inhimillisiä syitä huomattavasti tehokkaammin.

Tällä hetkellä Väyläviraston tilaamissa töissä kirjataan urakoitsijoiden toimesta hankkeissa tai urakoissa tapahtuvia poikkeamia Väyläviraston poikkeamien hallintajärjestelmään. Järjestelmässä urakoitsija nimeää hankevastaavan, jonka tehtäviin kuuluu muun muassa korjaavien toimenpiteiden seuranta ja poikkeamien sulkeminen. Poikkeamia kirjataan vuosittain tuhansia. Kaikki kirjatut poikkeamat luokitellaan ja lähetetään kerran viikossa alueiden vastuuhenkilöille Väylävirastoon. Lisäksi vuosikolmanneksittain poikkeamista kerätään luokittelujen perusteella raportti, joka esitetään Väyläviraston johdolle. Vuosittain tehdään samankaltainen raportti, joka julkaistaan Väyläviraston kotisivuilla.

Urakoitsijoiden kirjaamien poikkeamien syitä ei järjestelmällisesti analysoida vaan niiden käsittely vaihtelee poikkeaman luokittelusta ja poikkeaman käsitteilyistä riippuen. Vakaville poikkeamille, kuten törmäyksille, tehdään erillisiä tutkimintoja, mutta tavallisesti poikkeaman kirjauksessa kirjaaja kirjaa oman tietä-

myksensä mukaan poikkeaman taustatiedot, yhdestä kolmeen listasta valittavan juurisyyn sekä mahdollisia toimenpiteitä. Toimenpiteelle nimetään vastuuhenkilö ja toteuttaja. Lopuksi hankevastaava sulkee poikkeaman.

Haastateltujen mukaan juurisyiden tunnistamisen heikkoon tasoon vaikuttavat poikkeamien analysoinnin tietotaidon, tarjottujen työkalujen, resurssien, erityisesti ajan, sekä yhtenäisten poikkeamien käsittelymenettelyjen puute. Eri organisaatioilla oli käytössään muutamia erilaisia mallintamismenetelmiä poikkeamien juurisyysketjujen mallintamiseen, mutta niiden käyttö on yleisesti vähäistä. Haastateltavat näkivät yksimielisesti tarvetta yhteisille menettelyille turvallisuuspoikkeamien käsittelyyn ja mallintamiseen rautatietoinnoissa.

Mallintamismenetelmän tuottaman tuloksen kannalta haastatteluissa nousi kaksi mielipidettä. Toiset korostivat, että vastatakseen edellä mainittuihin poikkeamien analysoinnin heikkoon tasoon vaikuttaviin tekijöihin, menetelmän tulisi olla yksinkertainen, nopeasti omaksuttava ja vähän resursseja vaativa, jotta menetelmää voitaisiin tarjota urakoitsijalle ja tuottaa tilastoitavaa tietoa tietyissä töissä tapahtuvien turvallisuuspoikkeamien taustalla olevista toistuvista juurisyistä. Tilastoitavaa tietoa tarvitaan, jotta voidaan suunnitella kohdennettuja toimenpiteitä ja arvioida niiden vaikuttavuutta ajan kuluessa. Toisaalta toiset korostivat, että turvallisuusjohtamisen kehittämisen kannalta menetelmällä tulisi saada tietyistä poikkeamista yksityiskohtaista tietoa poikkeaman taustalla olevista inhimillisistä tekijöistä ja ne mahdollistaneista turvallisuusjohtamisjärjestelmän ja -kulttuurin puutteista.

Mallintamismenetelmän logiikan tulisi olla helposti seurattavaa, jotta valmiilla mallinuksella voitaisiin nopeasti osoittaa myös ulkopuolisille henkilöille mistä poikkeamassa oli kyse ja analyysin luotettavuus voitaisiin helposti todentaa. Mallintamisen onnistumisen edellytyksiksi haastatteluissa tunnistettiin lähtötietojen luotettavuus ja kattavuus, mallintajan ammattitaito sekä eri näkökulmien huomioiminen mallintaessa. Lähtötietoja kerätessä täytyy tunnistaa mitä tehtiin, missä tilanteessa ja millaisissa olosuhteissa ja ympäristössä.

Haastateltavat arvioivat menetelmän käyttöönoton onnistuvan parhaiten integroimalla se vaiheittain osaksi nykyisiä poikkeamien käsittelymenettelyjä. Lisäksi haastattelijat pitivät tärkeänä, että menetelmä on hyvin tunnettu, koulutettu ja sen käyttöön tarjotaan tukea ennen kuin sen käyttöä aletaan vaatimaan.

4.2 Mallintamismenetelmien etsiminen

Kirjallisuustutkimuksessa esiin nousseista menetelmistä 5 kriteereihin parhaiten soveltuvaa ja tässä tutkimuksessa tutkittua/esiteltyä menetelmää olivat:

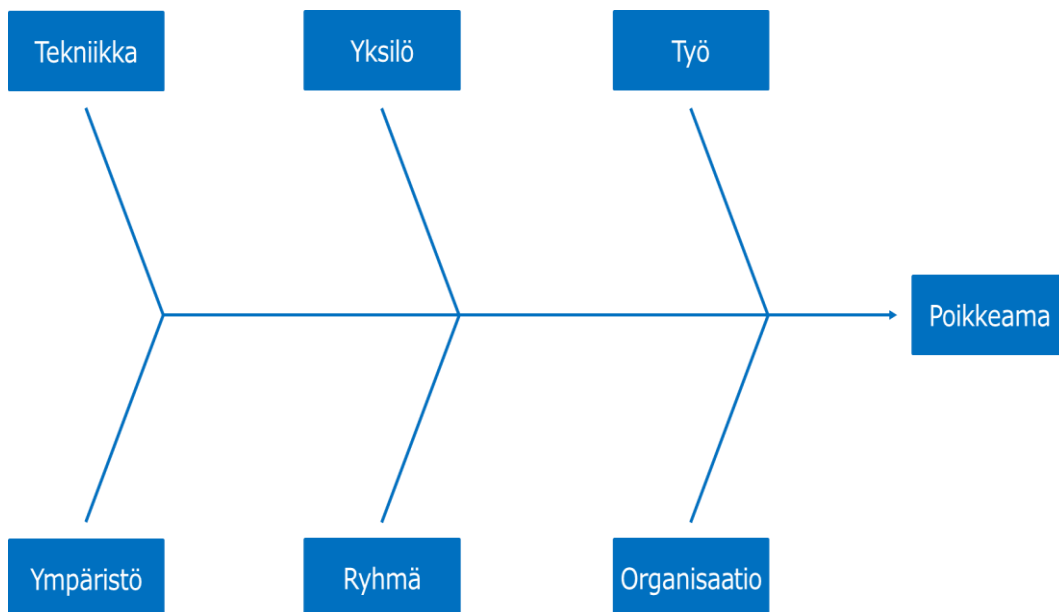
- Kalanruotokaavio + 5 miksi,
- Vikapuu,
- Bowtiehin perustuva esteen epäonnistumisen tarkastelu,
- Tapausanalyysi HF-toolin avulla ja
- SAFRAN.

Kalanruotokaavio on perinteinen ja pitkään käytetty juurisyiden selvitysmenetelmä, jonka käytössä on helppo hyödyntää asiasanalistoja, sillä kalanruotokaa-

vio koostuu ennalta määritetyistä osakokonaisuuksista. Klassista laatujohtamisen kalanruotokaaviota täytyi kuitenkin muokata, jotta se soveltuisi turvallisuuspoikkeamien tutkimiseen. Kalanruotokaaviolle tehdyt muutokset on esitelty seuraavassa luvussa. Vikapuu ja Bowtie valittiin, koska ne ovat hyvin tunnettuja menetelmiä riskienhallinnassa, niiden logiikka on helposti ymmärrettävää ja perusteet helposti opittavissa. Molemmilla menetelmillä on riskienhallinnan lisäksi pitkä historia onnettomuuksien tutkinnassa. SAFRAN valittiin, koska menetelmä on ERA:ssa erityisesti rautatietointimien poikkeamien analysoimiseen kehitetty menetelmä. Myöhemmin ohjausryhmän kokouksessa esiin nousi myös Tapausanalyysi HF-toolin avulla, joka on yksinkertainen sekä nopea ja sopii siksi hyvin haastatteluissa asetettuihin kriteereihin. Kirjallisuudesta löydettiin myös muita menetelmiä poikkeamien mallintamiseen ja ne on esitetty liitteessä 1.

4.3 Mallintamismenetelmien testaaminen

Löydetyt menetelmät sopivat kirjallisuudessa esitetystä muodostaan rautatietointimien turvallisuuspoikkeamien tarkasteluun kalanruotokaaviota lukuun ottamatta. Alkuperäinen kalanruotokaavio on tarkoitettu laadunjohtamiseen ja prosessinkehittämiseen ja sen ruodot (mittaukset, materiaalit, henkilöstö, ympäristö, metodit ja koneet) eivät sovellu turvallisuuspoikkeaman juurisyiden selvittämiseen. Turvallisuuspoikkeamien tarkastelua varten 6 ruotoa muutettiin muotoon: Tekniikka, ympäristö, ihmiset, ryhmä, organisaatio ja työ (kuva 28).



Kuva 27. Turvallisuuspoikkeaman tutkintaan muokattu kalanruotokaavio

Kalanruotokaaviosta haluttiin saada mahdollisimman nopea ja yksinkertainen menetelmä poikkeamien mallintamiseen, joten sen avuksi luotiin tunnistusta helpottava asiasanalista. Yllä esitetyn kalanruotokaavion 6 ruotoa syntyivät mallintamisen avuksi luodun asiasanalistan perusteella, joka on esitetty kuvassa 29. Mallintaessa asiasanalistasta tunnistetaan tekijöitä, jotka olivat läsnä poikkeamassa. Tämän jälkeen tekijät viedään kalanruotokaavioon ja jokaiselle tunnistetulle tekijälle suoritetaan 5 miksi -tarkastelu juurisyiden löytämiseksi.

Asiasanalista

Tekniikkaan liittyvät tekijät	Ympäristöön liittyvät tekijät
•Työkalut ja niiden kunnossapito	•Sääolosuhteet
•Rakenteet ja rakennukset	•Luonnonilmiöt
•Säiliöt ja putkistot	•Saasteet ja pilaantuminen
•Liikenne ja liikkuminen	•Fyysinen työympäristö, työolosuhteet
•Henkilösuojaimet ja suojalaitteet	•Yleinen siisteys ja järjestys
•Käyttö- ja huolto-ohjeet	•Sijainti ja saavutettavuus
•Käytetyt materiaalit	•Kasvillisuus ja eläimistö
•Sähkö ja kaapelit	•Biologiset tekijät
•Alueen käytön suunnittelu ja laitteiden sijoittaminen	•Kemikaaliset tekijät
•Muuta	•Ilkivalta
	•Muuta

Yksilötason tekijät	Ryhmätason tekijät
•Ammattitaito, työn hallinnan taso	•Yhtenäinen tilannekuva kaikilla jäsenillä
•Tilannetietoisuus (tarkkaavaisuus/havainnointi, muisti, päätöksen teko reagointi)	•Ryhmän kaikkien jäsenten tietämyksen hyödyntäminen
•Ohjeiden ja sovitujen toimintatapojen noudattaminen	•Ryhmän sisäinen viestintä (väärinymmärrykset - tulkinnat)
•Kokonaistilanteen ymmärtäminen	•Ryhmän rakenne ja kiinteys, ryhmädynamiikka
•Tilanteiden ennakointi; oletukset ja varmistaminen	•Kommunikaatio eri yhteistyötahojen kesken
•Työkuormitus (yli-/ali-) ja sen hallintakeinot	•Tiedonkulku, kommunikoinnin toimintatavat
•Vireystila, väsymysoireet	•Päätöksenteko ryhmässä
•Elämäntilanne, huolet, yleinen stressitaso	
•Ikä; työkokemuksen määrä ja laatu	
•Terveystila ja työkyky	
•Motivaatio, asenteet	
•Tunnereaktiot, mieliala	

Työhön liittyvät tekijät	Organisaatiotason tekijät
•Työn laatu ja sisältö; työtilanteen vaativuus	•Johtamistapa ja -järjestelmä
•Työn määrä; aikapaine, kiire	•Organisaatio-/turvallisuuskulttuuri
•Työnjako, tehtäväkuvaukset: töiden organisointi; selkeys	•Eri organisaatiotasojen ja -tahojen välinen yhteistyö
•Laitteiden, ohjelmistojen ja muun tekniikan toimivuus ja käytettävyyys	•Kokonaiskuvan ymmärtäminen
•Työmenetelmät ja ohjeet; toimivuus selkeys ja ajantasaisuus	•Tehdyt päätökset (mm. resurssit; henkilöstö, kalusto)
•Vaikutusmahdollisuudet omaan työhön	•Muutosten hallinta / muutosjohtaminen
•Työstä saatu palaute; ammatillinen arvostus	•Yhteistyö eri toimijoiden kesken
•Mahdollisuus/kyky arvioida ja kehittää omia työprosesseja	
•Osaamisen varmistaminen (Koulutus, perehdytys)	

Kuva 28. Kalanruotokaavion asiasanalista

Ohjausryhmän kokouksessa päätettiin, että asiasanalistassa tulisi olla läsnä kuvassa 11 esitelty inhimillisten tekijöiden nelikenttä, koska työkalua on otettu käyttöön rautatietoinnoissa ja sen käyttöä halutaan lisätä. Asiasanalistan kohdat yksilö, työ, ryhmä, ja organisaatio ovat samat kuin inhimillisessä nelikentässä. Poikkeaman tekijöiden tunnistamisen avuksi asiasanalistaan laajennettiin tekijät tekniikka, jossa käsitteellään työssä käytettäviä työkaluja laitteita, ja ympäristö, jossa käsitellään tilanteessa vallitsevia olosuhteita. Näiden kategorioiden sisältö työstettiin valmiiseen muotoonsa yhdessä Väyläviraston poikkeamia tutkivan edustajan kanssa.

4.3.1 Tutkijan havainnot menetelmistä

Tässä luvussa on esitetty tutkijan tekemät havainnot menetelmien käytöstä, vahvuuksista ja heikkouksista. Havainnot on kerätty Väyläviraston toimittaman koeturvallisuuspoikkeaman mallintamisen yhteydessä. Mallintaminen suoritettiin jokaisella menetelmällä.

Muokatulla kalanruotokaaviolla ja siihen liittyvällä asiasanalistalla mallinnuksen aloittaminen oli helppoa selkeiden askelten vuoksi. Toimitetun selostuksen pohjalta poikkeaman syntyyn vaikuttaneita tekijöitä oli helppo tunnistaa asiasanalistasta ja sijoittaa ne oikeille ruodoille kalanruotokaavioon. Mallinnuksen suorittaminen on tähän asti hyvin selkeää, sillä siinä keskitytään ajattelemaan tiettyä työn osa-aluetta ja siinä tapahtuneita virheitä, jotka mahdollistivat poikkeaman synnyn. Menetelmän heikkoudet tulevat esiin, kun aletaan suorittamaan 5-miksi -tarkastelua asiasanalistasta löydetyille tekijöille. 5 miksi -menetelmän suorittamiseen ei ole ohjausta ja usein sen suorittamisessa törmätään ongelmiin. 5 miksi ei ole yksiselitteinen eikä menetelmä tarjoa apua sen suorittamiseen. Tämän vuoksi sitä suorittaessa on hyvin vaikea varmistaa, onko edellisen miksi kysymyksen vastaus oikea tai pohditaanko tässä vaiheessa oikeaa kysymystä. Täten menetelmä on täysin riippuvainen mallintajan tiedosta ja ammattitaidosta. Lisäksi jos jokin tekijöistä jää huomaamatta, myös siihen liittyvät juurisyyt jäävät täysin huomiotta.

Vikapuu osoittautui tutkijan testauksessa periaatteeltaan yksinkertaiseksi, mutta erittäin syvälliseksi menetelmäksi. Mallintaminen aloitetaan poikkeamasta ja siihen johtaneiden tapahtumien kautta pureudutaan vaihe vaiheelta juurisyihin asti. Ylempään tapahtumaan johtaneet tapahtumat kirjataan sen alle ja ne yhdistetään yllä olevaan tekijään "ja" tai "tai" portilla ja viivalla. Tämä tekee vikapuun logiikasta helposti ymmärrettävää. Helposti ymmärrettävästä logiikasta seuraa, että vikapuun rakentaminen on helposti opetettavissa myös henkilöille, joilla ei ole sen käytöstä aikaisempaa kokemusta. Yksinkertaisesta periaatteesta huolimatta tietotaitoisen mallintajan on mahdollista rankentaa vikapuun avulla erittäin syvälinen ja kattava analyysi, sillä vikapuu ei itsessään aseta rajoitteita, miten syvälle analyysiä viedään. Selkeän logiikan vuoksi myös syntyvä graafinen malli on hyvin havainnollistava, ja myös helposti selitettävissä myös asiasta tietämättömille henkilöille. Vikapuun ongelmat ovat hyvin samantyyppisiä kuin 5 miksi -menetelmän. Poikkeamaan johtaneiden tapahtumien ja juurisyiden suhteiden määrittäminen ei ole aina täysin yksiselitteistä eikä menetelmä ohjaa ajattelua tiettyyn suuntaan vaan on hyvin avoin, jolloin mallinnus jää riippuvaiseksi mallintajan tiedoista ja ammattitaidosta. Lisäksi mallinnettaessa monimutkaisia tapauksia ja juurisyiden piilissä syvällä menetelmän graafinen malli saattaa kasvaa todella suureksi, mikä saattaa aiheuttaa vaikeuksia työkalun käytössä.

Bowtiehin perustuva esteen epäonnistumisen tarkastelu on syvälinen menetelmä, jossa juurisyitä etsitään poikkeamassa epäonnistuneiden tai puuttuvien esteiden kautta. Näiden esteiden tehtävä oli estää poikkeaman syntyminen. Mallinnettaessa keskitytään vain yhteen esteeseen ja sen epäonnistumiseen kerrallaan, mikä auttaa mallintajaa keskittämään huomionsa pieneen kokonaisuuteen kerrallaan. Lisäksi estelähtöinen tarkastelu johdattaa mallintajaa poikkeaman taustalla olleisiin inhimillisiin ja organisatorisiin syihin, sillä esteet ovat organisaation turvallisuusjohtamisen kautta asetettuja. Tästä syystä ammattitaitoisen tutkijan on mahdollista saada hyvinkin tarkkaa tietoa poikkeaman juurisyistä. Koska juurisyyt löytyvät tiettyihin esteisiin liittyen on niiden pohjalta

myös helpompi tehdä ehdotuksia asian korjaamiseksi esteessä. Valmis graafinen malli on havainnollistava, sillä siinä näkyvät selkeästi tapahtumien ketju ja esteistä alaspäin kohdat, jotka mahdollistivat poikkeaman syntymisen. Valmis malli ei ole yhtä helposti ymmärrettävissä kuin vikapuu, koska mallissa ei pureuduta juurisyihin suoraan tapahtumista vaan esteistä, mikä tuo esittäjälle lisää selitettävää. Vaikeaksi menetelmässä osoittautui oikean ketjun rakentaminen poikkeamasta tapahtumien kautta vaaratekijään. Kun ketju on saatu muodostettua, tarvitaan myös kattava tietämys organisaation toiminnasta, jotta esteet saadaan oikeille paikoilleen.

SAFRAN mallintamismenetelmässä seurataan kuvassa 25 esitettyä kaavaa mikä tekee menetelmästä yksityiskohtaisen ja ohjaavan. Menetelmässä keskitytään löytämään organisaation turvallisuusjohtamisjärjestelmästä ja -kulttuurista ne tekijät, jotka mahdollistivat poikkeaman synnyn. SAFRAN menetelmän lähtökohta on verrata mitä tapahtui siihen mitä oli suunniteltu tapahtuvan. Tämä on hyvä lähtökohta, mutta valitettavasti tämän tutkimuksen tarkoitukseen SAFRAN vaatii liian paljon tuntemusta turvallisuuskolmiosta eikä sen tuottama graafinen malli ole havainnollistava ilman turvallisuuskolmion tuntemista. Lisää monimutkaisuutta SAFRAN menetelmään tuo iteraatioiden jakaantuminen kahteen suuntaan, kuten esitetään kuvassa 24.

Yllä esitettyjen havaintojen perusteella neljästä menetelmästä työpajassa testattavaksi valittiin kolme menetelmää, jotka olivat Kalanruotokaavio, Vikapuu sekä Bowtie. Nämä kolme koettiin menetelmiksi, joiden perusteet oli mahdollista opettaa työpajaan varatussa ajassa. SAFRAN jätettiin työpajasta pois, koska menetelmä on liian monimutkainen, jotta sillä saataisiin tuloksia työpajaan varatussa ajassa.

Työpajan jälkeen ohjausryhmänkokouksessa tuotiin esiin menetelmä Tapausanalyysi HF-toolin avulla. Tapausanalyysi HF-toolin avulla suoritetaan rakentamalla poikkeamasta aikajana. Janalta poimitaan omalle aikajanalleen onnistumiset ja epäonnistumiset, jonka jälkeen inhimillisen tekijän nelikentästä poimitaan niiden taustalla olevat tekijät. Tämä tekee menetelmästä yksinkertainen ja nopean poikkeaman mallintamiseen. Menetelmän omaksuminen ja sillä mallintaminen on hyvin nopeaa verrattuna aiemmin esiteltyihin menetelmiin, sillä syyseurausketjujen rakentaminen jää menetelmässä vähälle. Hyödyntämällä inhimillisen tekijän nelikenttää mallintamismenetelmällä voidaan yksinkertaisuudesta ja nopeudesta huolimatta saada tehokkaasti selville poikkeaman taustalla olleet inhimilliset tekijät. Asiasanalistan hyödyntäminen tuo myös mahdollisuuden tilastoida poikkeaman taustalla olleita tekijöitä. Menetelmä siis vastaa hyvin kahteen haastatteluissa ylös nousseeseen ongelmaan: inhimillisten tekijöiden tunnistamiseen ja tilastoitavan tiedon saantiin. Yksinkertaisuuden ja nopeuden varmistamiseksi tapausanalyysi HF-toolin avulla jää kuitenkin pinnalliseksi eikä pureudu poikkeaman juurisyihin yhtä tarkasti kuin edellä mainitut menetelmät. Menetelmä myös rajoittuu inhimillisten tekijöiden nelikenttään eikä pohdi syitä sen ulkopuolella tai sitä pidemmälle.

4.3.2 Turvallisuuspoikkeamien mallintamistyöpaja

Työpajassa testattiin kolmessa ryhmässä menetelmiä: Kalanruotokaavio, Bowtiehin perustuva esteen epäonnistumisen tarkastelu ja Vikapuu. Työpajaan varattu kolme tuntia osoittautui liian lyhyeksi ajaksi omaksua menetelmä, tutustua poikkeamaan ja suorittaa mallinnus, sillä yksikään ryhmä ei saanut malliaan täysin valmiiksi. Jokainen ryhmä kuitenkin pystyi tunnistamaan mallinnettavan

poikkeaman taustalla olleita tekijöitä syvällisesti ja kykeni muodostamaan ensivaikutelman käyttämästään menetelmästä työpajan tavoitteiden mukaisesti. Työpajassa ei huomioitu eroja ryhmien jäsenten mallintamisen tai poikkeaman tutkimisen osaamisen lähtötasossa, joten työpajan pääpaino oli itse menetelmien käytössä ja siinä esiintyneissä onnistumisissa ja haasteissa kuin itse poikkeamasta saaduissa juurisyissä.

Työpajan osallistujista vain muutamalla oli aikaisempaa kokemusta poikkeamien mallintamisesta. Kokemusta omaavilla osallistujilla aikaisempi kokemus rajoittui muutama kertaan tai kokeiluun 5 miksi -menetelmällä. Työpajassa käytetyistä menetelmistä osallistajat olivat aikaisemmin kuulleet vikapuusta ja laatujohtamisen yhteydessä kalanruotokaaviosta, mutta kummankaan menetelmän käytöstä osallistujilla ei ollut kokemusta. Myös Bowtie oli osallistujille riskien hallintamenetelmänä tuttu, mutta Bowtiehin perustuvasta esteen epäonnistumisen tarkastelusta kukaan osallistujista ei ollut kuullut aikaisemmin.

Työpajan mallintamismenetelmistä Kalanruotokaavio menestyi tulosten valossa huonoiten. Ryhmä ei saanut mallinuksesta syvällisiä tuloksia, mutta onnistui tunnistamaan hyvin poikkeaman syntyyn vaikuttaneet tekijät asiasanalista osa-alueittain. Menetelmän hyviksi puoliksi ryhmässä koettiin mallinuksen aloittamisen helppous ja tekijöiden tunnistamisen kalanruotokaavion ruodoille tarjotuista poikkeaman perustiedoista. Haasteita kuitenkin ilmeni, kun tekijöistä lähdettiin tekemään 5 miksi -iteraatioita. 5 miksi haarautui ryhmän keskusteluissa, jonka seurauksena mallinnus menetti keskittymisensä ja työskentely muuttui tehottomaksi. Ryhmä ei pitänyt menetelmästä, mutta koki alun lähestymistavan mallintamiseen olevan hyvä.

Vikapuuta käyttänyt ryhmä sijoittui tuloksiltaan toiseksi. Ryhmä kohtasi hyvin samankaltaisia ongelmia kuin Kalanruotokaaviota käyttänyt ryhmä. Poikkeaman ja siihen suoraan johtaneiden tapahtumien tunnistaminen ja kirjaus oli helppoa ja loogista, mutta vikapuun edetessä syvemmälle seuraavien välillisten syiden määrittäminen osoittautui vaikeaksi. Ryhmä piti vikapuuta hyvänä menetelmänä, mutta koki, että työpajassa mallinnettava poikkeama oli liian laaja ja avoin menetelmän hyödyntämiseen. Ryhmän mukaan vikapuu sopisi erinomaisesti tarkkaan määritellyn prosessimaisen työn poikkeamien tarkasteluun. Ryhmän jäsenet pitivät myös vikapuusta syntyvästä graafisesta esityksestä.

Syvällisimmät tulokset työpajassa sai ryhmä, joka käytti Bowtiehin perustuvaa esteen epäonnistuminen-menetelmää. Haasteita ryhmä kohtasi alussa määrittäessään poikkeamasta tarjotun perustiedon pohjalta vaaratekijöitä ja tapahtumia. Kun ryhmä oli saanut rakennettua pohjan mallille, esteiden paikalleen laittaminen ja esteistä poikkeaman juurisyiden selvittäminen osoittautui tehokkaaksi tavaksi toimia. Ryhmän jäsenet pitivät menetelmästä ja erityisesti sen tavasta kohdentaa ryhmän huomio yhteen esteeseen kerrallaan. Myös mallintamismenetelmän graafista esitystä pidettiin hyvänä ja havainnollistavana.

Ottaen huomioon osallistujien aikaisemman kokemuksen poikkeamien mallintamisesta ja työpajan aikarajoitteet osallistajat saivat aikaan hyviä tuloksia menetelmillä ja osasivat kysyä työpajan tavoitteiden mukaisesti oikeita kysymyksiä Väyläviraston edustajalta juurisyiden selvittämiseksi. Osallistajat itse kokivat mallintamisen olevan hyvä idea poikkeamien juurisyiden selvittämiseen. Mallintamisen parhaana puolena osallistajat näkivät graafisen esityksen tuoman ajatusten selkeyttämisen sekä graafisen esityksen käyttämisen poikkeaman syiden

esittelyyn tutkinnan ulkopuolisille henkilöille esimerkiksi organisaation johtoryhmälle.

Osallistujat näkivät mallintamistyöpajassa parhaana puolena kerääntymisen yhteen eri organisaatioiden edustajien kesken. Mallintamisen yhteydessä ryhmässä käyty keskustelu oli jokaisessa ryhmässä vilkasta. Mallintamisen yhteydessä nousseiden näkökulmien kautta pohdittiin alalla olemassa olevien käytäntöjen vaikutusta rautatietojärjestelmien turvallisuudessa.

4.3.3 Yhteenveto menetelmien arvioinnista

Tutkijan arvioinnin ja työpajan perusteella parhaiten kriteerejä vastaavaksi menetelmäksi yksityiskohtaiseen poikkeamien mallintamiseen osoittautui Bowtiehin perustuva esteen epäonnistumisen tarkastelu. Kuitenkin se ja muut työpajassa testatut menetelmät, vikapuu ja kalanruotokaavio, osoittautuivat liian monimutkaiseksi ja avoimiksi menetelmiksi nopeaan ja yksinkertaiseen mallintamiseen. Tähän parhaaksi menetelmäksi osoittautui Tapausanalyysi HF-toolin avulla.

Yllä esitetyn arvioinnin yhteenvetona arviossa mukana olleiden menetelmien suurimmat vahvuudet ja heikkoudet on esitetty alla taulukossa 4.

Taulukko 4. Menetelmien arvioinnin yhteenveto

Menetelmä	Vahvuudet	Heikkoudet
Bowtie	<ul style="list-style-type: none"> + Yksityiskohtainen + Keskittyy vain yhteen esteeseen kerrallaan + Esteen tarkastelusta luonnollinen linkki turvallisuusjohtamiseen + Valmis esitys on havainnollistava + Perusteet helposti opittavissa + Valmis esitys pysyy hallittavan kokoisena 	<ul style="list-style-type: none"> - Tapahtumaketjun rakentaminen voi osoittautua vaikeaksi
Vikapuu	<ul style="list-style-type: none"> + Yksinkertaiset perusteet + Mallinnuksen logiikka on hyvin suoraviivainen + Valmis graafinen esitys on hyvin havainnollista + Perusteet helposti opittavissa 	<ul style="list-style-type: none"> - Graafinen esitys saattaa kasvaa suureksi poikkeamasta riippuen - Ei ohjaa ajattelemaan muuta kuin tapahtumien ketjua
Ishikawa diagrammi	<ul style="list-style-type: none"> + Mallinnuksen aloittaminen on hyvin selkeää 	<ul style="list-style-type: none"> - 5 miksi ketjun suorittamisessa ei ole mikäänlaista ohjausta
Safran	<ul style="list-style-type: none"> + Yksityiskohtainen + Keskittyy tarkastelemaan organisaatiossa olevia tekijöitä, jotka mahdollistivat poikkeaman 	<ul style="list-style-type: none"> - Monimutkainen - Mallinnuksen suorittaminen vaatii The safety Fractalin tuntemisen - Valmis malli ei ole kovin havainnollistava ja sen ymmärtäminen vaatii The Safety Fractalin tuntemisen
HF-tool	<ul style="list-style-type: none"> + Hyvin yksinkertainen + Nopea opettaa + Huomioi myös onnistumiset + Tuottaa helposti tilastoitavaa tietoa 	<ul style="list-style-type: none"> - Pinnallinen - Tapahtuman ja syyn kausaliteetti on esitetty heikosti - Rajoittuu ihmisten tekijöiden nelikenttään

4.4 Mallintamismenetelmän valitseminen

Arvioinnin perusteella ohjausryhmän kokouksessa esitettiin Väylävirastolle tilastoitavan tiedon tuottamiseen käytettäväksi mallinnusmenetelmäksi työterveyslaitoksen tapausanalyysiä HF-toolin avulla ja yksityiskohtaisempaan tapaututkimuksessa tuotettavaan tietoon Bowtiehin perustuvaa esteen epäonnistumisen tarkastelua.

Tapausanalyysi HF-toolin avulla vastaa Väyläviraston tarpeeseen tuottaa tilastoitavaa tietoa inhimillisistä tekijöistä. Menetelmä on yksinkertainen sekä nopeasti omaksuttava, joten sitä voidaan tarjota ja kouluttaa myös urakoitsijoille ja muille sidosryhmille poikkeamien analysointiin ja mallintamiseen. Menetelmä kuitenkin rajoittuu inhimillisten tekijöiden nelikenttään eikä esitä tapahtuman ja juurisyiden välistä syyseuraussuhdetta tarkasti. Siksi menetelmä on liian pinnallinen suurempia poikkeamien tapauskohtaiseen tutkimukseen.

Suurten poikkeamien yksityiskohtaista tutkimiseen parhaaksi menetelmäksi osoittautui Bowtiehin perustuva esteen epäonnistumisen tarkastelu, joka suoriutui niin työpajasta kuin tutkijan arvioinnista kaikista tässä tutkimuksessa tutkituista menetelmistä parhaiten. Menetelmä on hyvin havainnollistava ja ohjaa tutkijoita analysoimaan poikkeamaa este esteeltä juurisyiden löytämiseksi.

5 Pohdinta

5.1 Tulosten validiteetti ja uskottavuus

Haastatteluja toteutettiin tarkkaan määritettyjen henkilöiden kanssa, jotka työskentelevät päivittäin rautatietojen turvallisuuden parissa ja ovat parhaita henkilöitä kertomaan rautatietojen poikkeama-analysoinnin nykytilasta sekä tarpeista. Näkökulmaan saatiin myös kansainvälisyyttä haastatteleamalla ERA:n edustajaa. Kriteerien määrittämisessä tilastoitavaa tietoa tuottavalle ja urakoitsijalle tarjottavalle menetelmälle onnistuttiin, mutta haastattelujen perusteella ei saatu yhtä tarkkoja kriteerejä yksityiskohtaiselle menetelmälle.

Tutkimuksessa käytiin läpi monia kirjallisuudesta löydettyjä menetelmiä rautatietojen turvallisuuspoikkeamien mallintamiseen. Menetelmiä etsittiin laaja-alaisesti ja niitä löydettiin paljon. Kirjallisuustutkimuksessa löydettyistä menetelmistä tutkimuksessa enemmän tutkittaviksi menetelmiksi voitiin valita vain muutama ja valinta tehtiin tutkijan suosituksiin perustuen. Menetelmien valintaan liittyen voidaankin pohtia, onko tutkija onnistunut valitsemaan näistä menetelmistä parhaat.

Menetelmiä arvioitiin tutkijan toimesta sekä turvallisuuspoikkeamien mallintamistyöpajassa. Molemmissa tapauksissa poikkeamat olivat jo ennalta tutkittu eivätkä mallintajat olleet poikkeamien tutkinnan ammattilaisia. Tämä ei vastaa täysin käytännön tilannetta, jossa yksityiskohtaista mallinnusta suoritetaan samalla, kun poikkeamaa tutkitaan. Lisäksi työpajaan voitiin tuoda vain rajoitettu määrä menetelmiä ja tästä syystä työpajasta pois jätetyt menetelmät jäivät tutkimuksessa vähälle huomiolle. Poikkeamien mallinnuksessa on myös huomiotavaa, että poikkeamat ja tutkijat ovat erilaisia ja eri tilanteissa eri menetelmien vahvuudet saattavat korostua. Tämän vuoksi ei voida todeta, että Bowtiehin perustuva esteen epäonnistumisen tarkastelu olisi yksiselitteisesti paras menetelmä, jokaiseen tilanteeseen, vaikka olikin tutkimuksessa menetelmistä paras yksityiskohtaiseen tapaustutkimukseen.

Urakoitsijoille tarjottavaksi menetelmäksi nopeaan mallintamiseen Tapausanalyysi HF-toolin avulla on tutkimuksessa tutkituista menetelmistä paras. Menetelmä vastasi tutkimuksen menetelmistä parhaiten haastatteluissa määritettyjä tilastoitavaa tietoa tuottavan mallintamismenetelmän kriteerejä.

5.2 Tutkimuksen aikana tehdyt havainnot

Tutkimuksessa huomattiin, että mallintamismenetelmillä todella pystytään pureutumaan juurisyyhin ja korostamaan aukkoja poikkeaman taustatiedoissa tutkinnan helpottamiseksi. Kuitenkin mallintamismenetelmästä huolimatta poikkeaman tutkijan ammattitaito ja kokemus vaikuttavat suuresti siihen millaisia tuloksia menetelmällä saadaan. Turvallisuusjohtamisjärjestelmän heikkouksien tunnistaminen vaatii mallintajalta hyvin paljon, kun taas välittömät syyt voidaan tunnistaa suhteellisen pienellä vaivalla.

Työpajassa havaittiin, että poikkeaman mallintaminen toimii erittäin tehokkaana keskustelun herättäjänä ja eteenpäin viejänä. Pohdittaessa poikkeaman juursyitä keskustelu työpajan osallistujien välillä käsitteli hyvin yksityiskohtaisesti

alalla vallitsevien käytäntöjen, menettelyjen ja muiden normien vaikutusta poikkeamien syntyyn. Työpajassa korostui myös graafisen mallin käyttämisen tehokkuus viestittäessä poikkeamasta muille. Hyödyntämällä rakentamaansa graafista mallia ryhmien oli helppo esittää poikkeamaan johtaneet tekijät muille osallistujille.

5.3 Jatkotoimenpiteet

Tapausanalyysi HF-tooliin liittyen seuraavat askeleet tämän tutkimuksen jälkeen ovat sen yleisen käyttöönoton ja kouluttamisen suunnittelu. Käyttöönotto tulisi suunnitella suoritettavaksi vaiheittain ja siinä tulisi määritellä henkilöt, jotka saavat koulutuksen menetelmän käyttöön, koulutuksen käytännön toteutus. Lisäksi tulisi määritellä miten työkalu tullaan tarjoamaan käyttäjille ja miten sen käytön vaatimisen osalta edetään.

Poikkeamien luokittelua tulisi kehittää niin, että rautatietoimijat tietäisivät, miten tietyn tyyppisten poikkeamien kanssa tulee toimia. Luokittelussa tulisi jakaa mistä poikkeamista riittää vain kirjaus, mitkä poikkeamat mallinnetaan Tapausanalyysi HF-toolin avulla ja mille poikkeamille suoritetaan yksityiskohtaisempi tutkinta.

Tarkempaa menetelmää koskien tämän tutkimuksen tuloksia sekä tutkimuksessa esiteltyjä ja mainittuja mallintamismenetelmiä tulisi käyttää lähtökohtana testaamaan kyseisiä mallintamismenetelmiä Väyläviraston suorittamissa yksityiskohtaisissa poikkeamatutkinnoissa aloittaen Bowtiehin perustuvasta esteen epäonnistumisen tarkastelusta.

6 Johtopäätökset

Tämän tutkimuksen päätavoitteena oli selvittää, millaisilla mallintamismenetelmillä turvallisuuspoikkeamia voidaan mallintaa ja mikä menetelmistä soveltuu parhaiten Väyläviraston rautatietojen turvallisuuspoikkeamien mallintamiseen. Kriteerejä menetelmälle asetettaessa huomattiin, että tarve on kahdelle erilaiselle menetelmälle: Yksinkertainen ja nopea tilastoitavaa tietoa tuottava menetelmä sekä tapaustutkimukseen soveltuva hyvin yksityiskohtaista tietoa tuottava menetelmä. Nämä menetelmät ovat tapausanalyysi HF-toolin avulla sekä Bowtiehin perustuva esteen epäonnistumisen tarkastelu.

Tapausanalyysi HF-toolin avulla vastaa Väylävirasto tarpeita erinomaisesti tuottamalla tilastoitavaa tietoa inhimillisistä tekijöistä, olemalla nopea ja helpposti opittava. Hyödyntämällä jatkossa menetelmää urakoitsijoille tarjottavana mallintamismenetelmänä Väylävirasto saa tuloksia inhimillisten tekijöiden tunnistamisesta ja tilastoinnista. Menetelmän käyttöönotto vaatii kuitenkin urakoitsijoiden kouluttamista ja menetelmän käytön vaatimista. Vaatimusten lisäämisessä on hyvä edetä vaiheittain. Menetelmän käyttöönottoa varten on hyvä tehdä tarkat suunnitelmat, joilla integroida se osaksi nykyisiä käytäntöjä. Tuomalla tapausanalyysi HF-toolin avulla yleiseen käyttöön rautatietojen poikkeamien raportointiin vastataan myös haastatteluissa esiin nousseesta käytäntöjen yhtenäistämisen tarpeeseen alan organisaatioiden välillä.

Tapausanalyysi HF-toolin avulla rajoittuu kuitenkin inhimillisen tekijän nelikenttään, siksi tutkimuksen perusteella parhaaksi menetelmäksi yksityiskohtaisen tiedon tuottamiseen tutkimuksessa osoittautui Bowtiehin perustuva esteiden tarkastelu. Tämä menetelmä on Väylävirastolle hyvä lähtökohta mallintamisen aloittamiseen myös tarkoissa tapaustutkimuksissa. Kuitenkaan muita tässä tutkimuksessa esiteltyjä menetelmiä ei kannata hylätä, vaan pohtia myös niiden hyödyntämistä tutkinnoissa, sillä tilanteet ja tutkijat vaihtelevat eikä yksi menetelmä välttämättä sovi parhaiten jokaiseen tapaukseen.

Tutkimuksen yhteydessä järjestetyssä työpajassa syntyi erittäin rakentavaa keskustelua alan organisaatiossa vallitseviin toimintamalleihin. Siksi vastaavanlaisten tapahtumien, joissa rautatiealan organisaatioiden turvallisuuden parissa työskentelevät henkilöt kokoontuvat keskustelemaan poikkeamien juurisyistä turvallisuuspoikkeaman mallintamisen toimiessa keskustelun herättäjänä, voisi osoittautua tehokkaaksi tavaksi tunnistaa turvallisuuskulttuurissa ja -johtamisjärjestelmässä olevia heikkouksia sekä jakaa hyväksi osoittautuneita ideoita ja käytäntöjä.

Väyläviraston kannattaa myös pohtia tämän tutkimuksen tulosten hyödyntämistä muilla väylämuodoilla turvallisuuspoikkeamien analysoinnissa.

Lähteet

ABS Consulting, Root Cause Analysis Handbook : [A Guide to Efficient and Effective Incident Investigation](#) (Third Edition), Rothstein Associates, Incorporated, 2008. ProQuest Ebook Central.

Accou B., Reniers G. 2019. [Developing a method to improve safety management systems based on accident investigations: The SAFety FRactal ANALysis](#).

Coghlan, D., Brydon-Miller, M. 2014, The sage encyclopedia of action research, vol. 2 SAGE Publications LTD, London, Saatavissa: doi:10.4.135/9781446294406

Cole, K., Stevens - Adams, S., Wenner, C., & United States. National Nuclear Security Administration. (2013). [A literature review of safety culture](#). Sandia National Laboratories.

Elinkeinoelämän keskusliitto. 2020. [Yritysturvallisuus](#). Viitattu 12.5.2020.

ERA, 2018, [Turvallisuusjohtamisjärjestelmän turvallisuustodistusta tai turvallisuuslupaa koskevat vaatimukset](#).

[Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi \(EU\) 2016/798 rautateiden turvallisuudesta](#).

European Union Agency for Railways (ERA). 2016. [Big data in railways: Common occurrence reporting programme](#). Viitattu 20.9.2019.

European Union Agency for Railways (ERA). ei vuosilukua. [European railway safety model](#).

European Union Agency for Railways (ERA). ei vuosilukua. [The European Railway Safety Culture Declaration](#). Viitattu 13.2.2020.

Hirsjärvi, S., Remes, P., & Sajavaara, P. 2009. Tutki ja kirjoita. (15. uud. p.). Helsinki: Tammi.

Hollnagel, Erik. 2014. [Safety-I and safety-II: the past and future of safety management](#).

HSE. 1997. Successful health and safety management. Health and Safety Executive, London: HMSO.

Hurst, S.P., & Lewis, S. 2005. [Lessons Learned from Real World Application of the Bow-tie Method](#).

IAEA. 1991. [Safety culture. Safety Series 75-INSAG-4](#). Vienna: IAEA.

King, R., & Magid, J. 1979. Industrial hazard and safety handbook. London: Newnes-Butterworths.

Lanne, M.2007. [VTT – Yhteistyö yritysturvallisuuden hallinnassa](#).

Leppänen, Juha. 2006. Yritysturvallisuus käytännössä. Turvallisuusjohtamisen portfolio. Helsinki: Talentum.

- Liikennevirasto. 2018. [Ratatekniset ohjeet \(RATO\) osa 1 yleiset perusteet](#).
- Liikennevirasto. 2018. [Rataverkon kokonaiskuva: Lähtökohtia ja näkökulmia](#).
- Oedewald, P., Reiman, T. 2006. [Turvallisuuskriittisten organisaatioiden toiminnan erityispiirteet](#).
- Reiman T., Pietikäinen E., Oedewald P. 2008. [Turvallisuuskulttuuri: Teoria ja arviointi](#). Siv. 23
- Rooney, J. J., Heuvel, L. N. V., Lorenzo, D. K., & Jackson, L. O. 2009. [Cause and effect. Quality Progress](#), 42, 38.
- Serrat Olivier. 2017. [The Five Whys Technique](#). In: [Knowledge Solutions](#). Springer, Singapore.
- Sklet, Norre 2004. [Onnettomuustutkinnan menetelmiä](#).
- Smit, J. ei vuosilukua. [Advanced Barrier Management: Linking Bowtie Analysis, Barrier-Based Incident Analysis and Risk Based Auditing](#).
- Teperi, A-M. 2012. [Improving the mastery of human factors in a safety critical ATM organization](#). Yliopistopaino Unigrafia, Helsinki.
- Teperi, A-M., Puro, V., ei vuosilukua. [Turvallisesti merellä. Me turvallisuuden tekijöinä](#).
- Traficom. 2019. [Rataverkon haltijat turvallisuuslupa](#). Viitattu 11.12.2019.
- Traficom. 2019. [Rautatiesektorin toimijat](#). Viitattu 11.12.2019.
- Transport Canada, 2001, [Introduction to safety management systems](#).
- Työsuojeluhallinto. 2010. [Turvallisuusjohtaminen](#), sivut 6-7.
- Työterveyslaitos. [Turvallisesti merellä: Me turvallisuuden tekijöinä](#).
- Työturvallisuuskeskus. 2010. [Mittaaminen osana työturvallisuuden johtamista](#).
- Väylävirasto. 2019. [Rataverkko](#). Viitattu 17.9.2019.
- Väylävirasto. 2019. [Rautatietointojen turvallisuusjohtamisjärjestelmä, Käsi-kirja](#). Viitattu 15.4.2020.
- Väylävirasto. 2019. [Rautatietointojen turvallisuuspoikkeamat 2018](#). Viitattu 20.9.2019.
- Väylävirasto. 2019. [Tapamme toimia](#). Viitattu 17.9.2019.
- VR-Yhtymä. 2020. [Rautatiealan keskeiset toimijat](#). Viitattu 30.4.2020.

Muita mallintamismenetelmiä

- Accimap (Jens Rasmussen ja Inge Svedung)
- Causal factor charting (ABS consulting)
- Change Analysis (U.S. Department of Energy, DOE)
- Event and Contributory Factor Chart (U.S. Department of Energy, DOE)
- LOPA - Layer of protection analysis (Arthur Dowell ja William Bridges)
- SCAT-analyysi (Loss Control Institute, ILCI)
- STEP-analyysi (Kingsley Hendrick, Ludwig Benner)
- Tapahtumapuuanalyysi (United Kingdom Atomic Energy Authority)
- TIER-chart (U.S. Department of Energy, DOE)
- Timeline analysis (ABS consulting)
- TRIPOD (Shell)



Väylävirasto
Trafikledsverket

ISSN 2490-1202
ISBN 978-952-317-804-5
www.vayla.fi